

① BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 195 49 048 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**G 02 B 23/04**  
G 02 B 7/38  
G 01 C 3/04  
G 01 C 5/00

② Aktenzeichen: 195 49 048.7  
② Anmeldetag: 28. 12. 95  
④ Offenlegungstag: 4. 7. 98

DE 195 49 048 A 1

③ Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
28.12.94 JP P 6-328786 25.07.95 JP P 7-189508

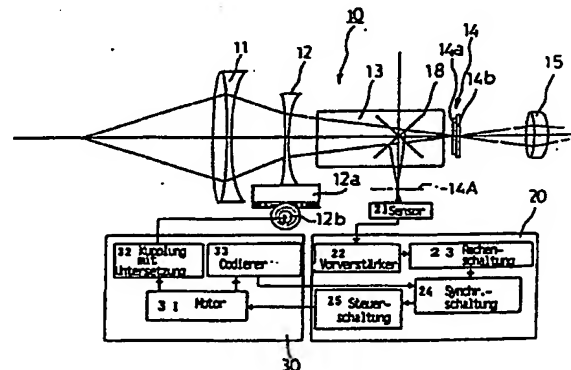
⑦ Anmelder:  
Asahi Kogaku Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP; Asahi  
Seimitsu K.K., Tokio/Tokyo, JP

⑦ Vertreter:  
Schaumburg und Kollegen, 81679 München

⑦ Erfinder:  
Sensui, Takayuki, Tokio/Tokyo, JP; Ito, Takayuki,  
Tokio/Tokyo, JP; Matsuo, Hirofumi, Tokio/Tokyo,  
JP; Nakamura, Satoru, Tokio/Tokyo, JP; Goto,  
Tatsuo, Tokio/Tokyo, JP; Nakamura, Yasuo,  
Tokio/Tokyo, JP

⑤ Teleskop mit Innenfokussierung

⑤ Ein Teleskop mit Innenfokussierung enthält eine Objektivlinse (11), eine Fokussierlinse (12), ein Horizontal-Kompensatorsystem (13), eine Bildebene (14) und ein Okular (15) zur Betrachtung eines Bildes in der Bildebene (14), wobei diese Einheiten in dieser Reihenfolge von der Objektseite her gesehen angeordnet sind. Die Position der Fokussierlinse (12) kann zur Erzeugung eines Objektbildes in der Bildebene (14) entsprechend der Objektentfernung eingestellt werden. Das Teleskop enthält ferner ein optisches Strahlenteilersystem (18) in dem optischen Weg zwischen der Objektivlinse (11) und der Bildebene (14) zum Teilen des optischen Weges sowie eine der Bildebene äquivalente Fläche (14A), die in dem optischen Strahlenteilersystem (18) angeordnet ist, wobei ein Fokuserfassungssystem (20) den Fokussierungszustand an der äquivalenten Fläche (14A) erfaßt.



DE 195 49 048 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Teleskop mit Innenfokussierung, das beispielsweise in einem automatischen Nivelliergerät eingesetzt werden kann, mit dem eine Referenzposition auf einer horizontalen Ebene anvisiert wird.

Ein automatisches Nivelliergerät besteht grundsätzlich aus einem Zielfernrohr und einem optischen Horizontal-Kompensatorsystem. Wenn eine Referenzposition mit dem Zielfernrohr, das in eine horizontale Position eingestellt ist, anvisiert wird, so gewährleistet das Kompensatorsystem, daß die Visierlinie horizontal liegt, auch wenn die optische Achse des Teleskops nicht korrekt in der horizontalen Ebene positioniert ist. Wenn ein anderer Zielpunkt anvisiert wird, nachdem das Teleskop um die vertikale Achse gedreht wurde, liegt er in der horizontalen Ebene, die die Referenzposition enthält.

In einem solchen automatischen Nivelliergerät ist eine Fokussierlinse vorgesehen, so daß ein scharfes Bild des anvisierten Objekts unabhängig von dessen Entfernung betrachtet werden kann. Das Teleskop des automatischen Nivelliergeräts enthält ein Objektiv, die Fokussierlinse und ein Okular, die in dieser Reihenfolge von der Objektseite her gesehen angeordnet sind. Die Position der Fokussierlinse wird abhängig von der Objektentfernung so eingestellt, daß das Objektbild in der Bildebene erzeugt wird. Es kann durch das Okular betrachtet werden.

Nimmt man an, daß der Objektentfernungsbereich des Zielfernrohrs beispielsweise 0,2 m bis  $\infty$  ist, und daß als Fokussierlinse eine konkave Linse dient, so liegt deren Bewegungsbereich bei 30 mm. Diese Bewegung der Fokussierlinse erfolgt üblicherweise durch Drehen eines Knopfes. Wenn die Bewegung des Objektbildes, d. h. die Bewegung der Fokussierlinse, relativ zu der Winkelverstellung des Knopfes klein ist, so erfordert eine Bewegung der Fokussierlinse in eine vorbestimmte Stellung eine lange Zeit, und das Bild bleibt entsprechend lange in der Bildebene, bezogen auf die Verstellung des Knopfes. Wenn die Bewegung des Objektbildes relativ zu der Winkelverstellung des Knopfes groß ist, so ist die Zeit, in der das Bild in der Bildebene bleibt, zu kurz, bezogen auf die Verstellung des Knopfes. Ferner wird das Objektbild manchmal in eine Position über die Bildebene hinaus bewegt, wodurch eine zeitraubende Neueinstellung nötig wird. Wenn das anzuvisierende Objekt weit entfernt ist, kann die Scharfeinstellung durch eine leichte Drehung des Knopfes erzielt werden, jedoch ist bei kurzer Objektentfernung eine lange Zeit nötig, um das Objektbild mit dem drehbaren Knopf in die Bildebene zu bringen. Außerdem besteht die Möglichkeit einer Drehung des Knopfes in der falschen Richtung entgegengesetzt zur Scharfeinstellrichtung, weil nicht erkannt werden kann, ob das anzuvisierende Objekt im Zustand der hinteren oder der vorderen Fokusslage ist. Jedenfalls erfordert die Scharfeinstellung bei den bisherigen automatischen Nivelliergeräten einen hohen Zeitaufwand.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Teleskop mit Innenfokussierung anzugeben, bei dem die Scharfeinstellung kurzzeitig vorgenommen werden kann.

Die Erfindung löst diese Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 1. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Mit der Erfindung wird es möglich, eine automatische Scharfeinstellung schnell und unabhängig von externen Faktoren wie z. B. Umgebungsfeuchtigkeit usw. in einem automatischen Nivelliergerät vorzunehmen, so daß ein scharf eingestelltes Objektbild betrachtet werden kann.

Mit dem Ausgangssignal des Fokuserfassungssystems kann die für die Scharfeinstellung erforderliche Zeit reduziert werden. Beispielsweise wird ein Indikator, der die vordere oder die hintere Fokusslage anzeigt, entsprechend dem Ausgangssignal des Fokuserfassungssystems betätigt, so daß die Bewegungsrichtung der Scharfeinstellung angezeigt werden kann.

Die Weiterbildung nach Anspruch 2 ermöglicht eine Automatisierung der Scharfeinstellung entsprechend dem Ausgangssignal des Fokuserfassungssystems. In diesem Zusammenhang erweist sich besonders die Weiterbildung nach Anspruch 3 als sehr vorteilhaft.

Bei der Weiterbildung nach Anspruch 4 teilt das optische Strahlenteilersystem die horizontalen Strahlen des von dem optischen Kompensatorsystem abgegebenen Lichts, so daß ein Objektbild in der Bildebene, das von dem Benutzer über das Okular betrachtet werden kann, mit einem konjugierten Bild identisch ist, dessen Schärfe einzustellen ist. Bei dem Teleskop mit Innenfokussierung, mit dem das Licht in der horizontalen Ebene anvisiert werden kann, auch wenn die optische Achse des Zielfernrohrs nicht korrekt horizontal ist, würde nämlich die Abweichung des aktuell betrachteten Objektbildes von dem konjugierten Bild, die zur Scharfeinstellung dient, mit zunehmender Abweichung der optischen Achse des Zielfernrohrs von der Horizontalen zunehmen, wenn das optische Strahlenteilersystem vor dem optischen Kompensatorsystem angeordnet ist. Wenn das optische Strahlenteilersystem vor dem optischen Kompensatorsystem angeordnet ist, können Fokussierdaten bis zu einem gewissen Grade erhalten werden. Wenn das optische Strahlenteilersystem zwischen dem Kompensatorspiegel des Kompensatorsystems und der Bildebene angeordnet ist, können trotzdem Fokussierdaten des aktuell betrachteten Objektbildes erhalten werden, was zu einer genaueren Scharfeinstellung führt.

Die Erfindung sieht auch ein Teleskop mit Innenfokussierung vor, bei dem die automatische Scharfeinstellung unabhängig von externen Faktoren bei einem Meßvorgang genau ausgeführt werden kann. Dies ermöglicht beispielsweise die Weiterbildung nach Anspruch 8. Besonders vorteilhaft ist dabei die Weiterbildung nach Anspruch 11, bei der planparallele Platten wahlweise durch Drehen des optischen Einstellelements in die optische Achse des optischen Strahlenteilersystems gebracht werden können.

Das Korrektionelement bei der Weiterbildung gemäß Anspruch 8 kann alternativ auch ein Bewegungseinstellelement zum Bewegen des Fokuserfassungssystems relativ zu der äquivalenten Fläche sein. Dies entspricht der Weiterbildung gemäß Anspruch 13.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnungen näher erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 das Grundkonzept eines Teleskops mit Innenfokussierung in einem automatischen Nivelliergerät,

Fig. 2 die optische Anordnung eines automatischen Nivelliergeräts mit einem optischen Strahlenteiler als erstes Ausführungsbeispiel,

Fig. 3 eine Darstellung ähnlich Fig. 2, jedoch als zweites Ausführungsbeispiel,

Fig. 4 eine Darstellung ähnlich Fig. 2, jedoch als drittes Ausführungsbeispiel,

Fig. 5 eine Darstellung ähnlich Fig. 2, jedoch als viertes Ausführungsbeispiel,

Fig. 6 eine Draufsicht auf ein automatisches Nivelliergerät mit dem in Fig. 5 gezeigten Aufbau,

Fig. 7 die Prinzipdarstellung eines optischen Fokuserfassungssystems,

Fig. 8 die Prinzipdarstellung eines automatischen Nivelliergeräts,

Fig. 9 die schematische Darstellung eines horizontalen optischen Kompensatorsystems,

Fig. 10 die schematische Darstellung eines optischen Strahlenteilersystems mit einem optischen Einstellelement in einem automatischen Nivelliergerät,

Fig. 11 die Vorderansicht des optischen Einstellelements nach Fig. 10,

Fig. 12 eine Seitenansicht des optischen Einstellelements nach Fig. 10,

Fig. 13 eine Prinzipdarstellung des in Fig. 10 gezeigten Systems,

Fig. 14 und 15 Prinzipdarstellungen der Bewegung eines Brennpunktes, die durch eine planparallele Platte hervorgerufen wird,

Fig. 16 die schematische Darstellung eines automatischen Nivelliergeräts mit einer mechanischen Benutzer-Offsetfunktion,

Fig. 17 die Schnittdarstellung eines in Fig. 16 gezeigten Sensors senkrecht zur optischen Achse,

Fig. 18 die Vorderansicht eines Bedienknopfes zum Bestimmen der Sensorbewegung,

Fig. 19 die schematische Darstellung eines automatischen Nivelliergeräts mit elektrischer Benutzer-Offsetfunktion,

Fig. 20 die schematische Darstellung von Lichtaufnahmeelementen eines in der optischen Anordnung nach Fig. 19 zu wählenden Liniensensors,

Fig. 21 die Seitenansicht eines automatischen Nivelliergeräts mit einem Betätigungsknopf in einer Batteriebox, und

Fig. 22 die Unteransicht eines automatischen Nivelliergeräts, mit von der Batteriebox entferntem Deckel.

Mit den hier beschriebenen Ausführungsbeispielen wird die Erfindung auf ein automatisches Nivelliergerät angewendet, das allgemein in Fig. 8 und 9 dargestellt ist. Dieses Gerät 10 enthält eine positive Objektivlinse 11, eine negative Fokussierlinse 12, ein optisches Horizontal-Kompensatorsystem 13, eine Fokussierplattenanordnung 14 mit einer ersten Fokussierplatte 14a und einer zweiten Fokussierplatte 14b und ein positives Okular (Linse) 15. Diese optischen Komponenten sind in der angegebenen Reihenfolge von der Objektseite her angeordnet. Das Kompensatorsystem 13 ist an sich bekannt und enthält ein erstes Prisma 13a, einen Kompensatorspiegel 13b und ein zweites Prisma 13c und ist bezüglich der Spiegelmitte symmetrisch aufgebaut. Das Kompensatorsystem 13 hängt an einer Kette 13e, die an einer Achse 13d befestigt ist. Der Winkel  $\alpha$  zwischen dem Kompensatorspiegel 13b und dem ersten Prisma 13a und der Winkel  $\alpha$  zwischen dem Kompensatorspiegel 13b und dem zweiten Prisma 13c sind absolut identisch, haben jedoch entgegengesetzte Vorzeichen. Der Winkel  $\alpha$  wird abhängig von der Länge der Kette 13e usw. bestimmt und beträgt im dargestellten Ausführungsbeispiel 30°.

Nimmt man an, daß die optische Achse der Objektivlinse 11 und der Fokussierlinse 12 leicht von der Horizontalen beispielsweise um 10 bis 15 Minuten abweicht, so weicht auch die optische Achse des auf das erste Prisma 13a fallenden Lichtes um einen gleichen Betrag von der Horizontalen ab. Trotzdem ist die optische Achse des von dem Kompensatorsystem 13 abgegebenen Lichts weitgehend horizontal. In diesem System wird das Licht an dem ersten Prisma 13a zu dem Kompensatorspiegel 13b und dann zu dem zweiten Prisma 13c reflektiert.

Die Fokussierlinse 12 ist mit einer Zahnstange 12a versehen, in die ein Ritzel 12b eingreift. Dieses wird mit einem Betätigungsknopf 16 so gedreht, daß es sich um eine zur optischen Achse normale Achse dreht, um die Position eines mit der Objektivlinse 11 und der Fokussierlinse 12 erzeugten Objektbildes zu verändern. Dieses wird auf der Fokussierplatte 14 erzeugt, so daß es durch das Okular 15 hindurch gemeinsam mit einer Visierlinie usw. betrachtet werden kann, die sich auf der Fokussierplatte 14 befindet.

Ein automatisches Fokussiersystem vom TTL-Typ ist in dem automatischen Nivelliergerät 10 vorgesehen. Wie Fig. 1 zeigt, ist ein optisches Strahlenteilelement (halbdurchlässiger Spiegel) 18 in dem Lichtweg zwischen der Objektivlinse 11 und der Fokussierplatte 14 angeordnet, um das Licht zu teilen. Eine zur Fokussierplatte 14 äquivalente Fläche 14A und ein Fokuserfassungssystem 20, welches den Fokussierzustand an der äquivalenten Fläche 14A erfaßt, sind in dem durch das optische Strahlenteilelement 18 gebildeten optischen System angeordnet. Ein Fokussierlinsenantrieb 30 dient zum Bewegen der Fokussierlinse 12 entsprechend einem Ausgangssignal des Fokuserfassungssystems 20.

Dieses erfaßt den Fokussierzustand an der äquivalenten Fläche 14A und enthält einen Sensor 21 nahe dieser Fläche. Der Fokussier- oder Defokussierzustand, die hintere oder die vordere Fokuslage und der Betrag der Defokussierung usw. können durch Rechnung aus dem Ausgangssignal des Sensors 21 mit einem an sich bekannten Prozessor abgeleitet werden.

Fig. 7 zeigt das Erfassungsprinzip des Sensors 21 als Beispiel. Hinter der äquivalenten Fläche 14A befinden sich eine Kondensorlinse 21a, zwei Trennlinsen 21b und 21c mit einem gegenseitigen Abstand identisch zur Basislänge und zwei Liniensensoren 21d und 21e, die hinter den Trennlinsen 21b und 21c angeordnet sind. Die Trennlinsen erzeugen ein Objektbild auf jedem Liniensensor 21d und 21e. Die Einfallposition des Objektbildes auf dem jeweiligen Liniensensor 21d und 21e ändert sich abhängig von seinem Fokussierzustand. Die Einfallpositionen des Objektbildes sind unterschiedlich, wenn das Objektbild richtig auf die äquivalente Fläche 14A konvergiert (Scharfpunkt Pa), wenn das Objektbild auf eine Position vor der äquivalenten Fläche 14a konver-

giert (vorderer Scharfpunkt Pb) und wenn das Objektbild auf eine Position hinter der äquivalenten Fläche 14A konvergiert (hinterer Scharfpunkt Pc). Der Betrag der Defokussierung gegenüber dem korrekten Scharfpunkt kann aus den Positionen der Objektbilder auf den Liniensensoren 21d und 21e erfaßt werden. Die Ausgangssignale der Liniensensoren 21d und 21e werden mit einem Vorverstärker 22 verstärkt und dann einer Rechenschaltung 23 zugeführt, um den Betrag der jeweiligen vorderen oder hinteren Defokussierung sowie die korrekte Scharfeinstellung zu erfassen.

Der Fokussierlinseantrieb 30 überträgt die Drehung eines Motors 31 auf das Ritzel 12b über ein Untersetzungsgetriebe 32, das eine Kupplung enthält. Das mit der Rechenschaltung 23 berechnete Ergebnis wird dem Motor 31 über eine Synchronisierschaltung 24 und eine Steuerschaltung 25 zugeführt. Die Drehung des Motors 31 wird mit einem Codierer 33 überwacht, dessen Ausgangssignal der Synchronisierschaltung 24 zugeführt wird, um eine Regelung des Antriebs der Fokussierlinse 12 zu erreichen.

Die Fokussierlinse 12 wird mit dem Fokuserfassungssystem 20 und dem Antriebssystem 30 entsprechend der Objektentfernung verstellt, um die automatische Scharfeinstellung auszuführen. Das Ritzel 12b kann entweder manuell mit dem Knopf 16 oder automatisch durch das Fokuserfassungssystem 20 und das Antriebssystem 30 verstellt werden. Das automatische Nivelliergerät 10 kann nämlich wahlweise einen Autofokus-Betriebszustand annehmen, bei dem die Fokussierlinse 12 automatisch entsprechend dem Ausgangssignal des Fokuserfassungssystems 20 bewegt wird, oder einen manuellen Betrieb, bei dem die Fokussierlinse 12 manuell unabhängig von dem Ausgangssignal des Fokuserfassungssystems 20 verstellt wird.

Diese beiden Betriebsarten können beispielsweise so umgeschaltet werden, daß bei einer Bewegung des Knopfes 16 in der einen axialen Richtung der manuelle Betrieb eingeschaltet wird, während bei einer Bewegung in der entgegengesetzten Richtung der Autofokus-Betrieb eingeschaltet wird.

Die Liniensensoren 21d und 21e sind vorzugsweise senkrecht zu einem Stab angeordnet, der in den Boden eingesetzt ist und mit dem automatischen Nivelliergerät anvisiert wird. Da die Richtung der Liniensensoren 21d und 21e nicht mit der Richtung des Stabes übereinstimmt, ergibt sich eine sichere Autofokusfunktion.

In Fig. 2 bis 6 sind Beispiele der Position des optischen Strahlenteilelements 18 dargestellt. In Fig. 2 hat dieses Element die Form eines Halbprismas 18A das mit der Lichteinfallfläche des ersten Prismas 13a des optischen Kompensatorsystems 18 verkittet ist. Die äquivalente Fläche 14A und der Sensor 21 sind in dem optischen System angeordnet, welches durch das Halbprisma 18A abgeteilt wird.

In Fig. 3 ist das Strahlenteilelement 18 durch zwei Halbprismen 18B und 18C realisiert, die an der reflektierenden Fläche des ersten Prismas 13a des optischen Kondensatorsystems 18 angeordnet sind. Die äquivalente Fläche 14A und der Sensor 21 sind in dem optischen System angeordnet, das mit den Halbprismen 18B und 18C abgeteilt wird.

In Fig. 4 ist das optische Strahlenteilelement 18 durch ein Halbprisma 18D realisiert, das an der reflektierenden Fläche 13F des zweiten Prismas 13c des optischen Kompensatorsystems 18 angeordnet ist. Die äquivalente Fläche 14A und der Sensor 21 sind in dem optischen System angeordnet, das durch das Halbprisma 18D abgeteilt wird. Bei der in Fig. 4 gezeigten Anordnung kann eine reflektierende Fläche 18F des Halbprismas 18D als Dachfläche ausgebildet sein, um ein aufrechtes Bild zu erhalten.

In Fig. 5 ist das optische Strahlenteilelement 18 durch ein Halbprisma 18E realisiert, das an der Lichteintrittsfläche des zweiten Prismas 13c des optischen Kompensatorsystems 18 angeordnet ist. Die äquivalente Fläche 14A und der Sensor 21 sind in dem optischen System angeordnet, das mit dem Halbprisma 18E abgeteilt wird.

Bei den in Fig. 1 bis 5 gezeigten Anordnungen ergibt sich ein aufrechtes Bild, wenn die Reflexionsfläche 13F des zweiten Prismas 13c eine Dachfläche ist.

In jeder Anordnung nach Fig. 2 bis 5 kann das Ausgangssignal des Sensors 21 zum Antrieb der Fokussierlinse 12 über das Fokuserfassungssystem 20 und das Antriebssystem 30 oder zur Anzeige des Fokussierzustandes dienen.

Wie die vorstehende Beschreibung ergibt, kann die Stelle des optischen Strahlenteilelements 18 im Lichtweg zwischen der Objektivlinse 11 und der Fokussierplatte 14 frei gewählt werden. Bei jedem Beispiel kann der Fokussierzustand an der äquivalenten Fläche 14A erfaßt werden. Wenn ferner das Strahlenteilelement 18 an der Fläche des ersten Prismas 13a oder des zweiten Prismas 13c anfangs angeordnet wird, ergibt sich nicht nur eine leichtere Handhabung, sondern auch die Gesamtkonstruktion des optischen Strahlenteilersystems wird vereinfacht.

Das in Fig. 5 gezeigte Beispiel wird vorzugsweise angewendet. Solange in dem automatischen Nivelliergerät 10 die optische Achse der Objektivlinse 11 und der Fokussierlinse 12 weitgehend horizontal ist, liegt auch die optische Achse des von dem optischen Kompensatorsystem 13 abgegebene Lichtes weitgehend horizontal, und eine mögliche Abweichung dieser letzteren optischen Achse ist praktisch vernachlässigbar, wie oben erwähnt. Wenn das von dem optischen Kompensatorsystem 13 abgegebene Licht geteilt wird, ist das auf der Fokussierplatte 14 erzeugte Bild identisch mit dem auf der äquivalenten Fläche 14A erzeugten Bild. Wenn aber anderes Licht als das von dem Kompensatorsystem 13 abgegebene geteilt wird, d. h. das Licht vor dem Kompensatorsystem 13, so nimmt die Abweichung zwischen dem auf der Fokussierplatte 14 erzeugten Bild (d. h. das tatsächlich betrachtete Bild) und dem auf der äquivalenten Fläche 14A erzeugten Bild zu, wenn die Abweichung der optischen Achse der Objektivlinse 11 und der Fokussierlinse 12 von der Horizontalen zunimmt. In einem Extremfall kann das betrachtete Bild so unterschiedlich von dem für die Fokuserfassung verwendeten Bild sein, daß keine genaue Fokuserfassung oder automatische Fokussierung möglich ist. Dieses Problem tritt natürlich bei den in Fig. 2 bis 4 gezeigten Beispielen nicht auf, wenn der Grad der Koinzidenz zwischen den optischen Achsen der Objektivlinse 11 und der Fokussierlinse 12 und der Horizontalen hoch ist.

Fig. 6 zeigt die Draufsicht auf das automatische Nivelliergerät 10, das die oben beschriebene automatische Fokussierfunktion hat. Komponenten aus Fig. 1 und 5 haben hier dieselben Bezugszeichen. Alle Komponenten

des vorstehend beschriebenen Nivelliergeräts sind an einem Objektivtubus 19 gehalten, der an einem Drehtisch 17 befestigt ist. Das optische Strahlenteilelement 18 ist nicht an dem zweiten Prisma 13c des optischen Kompensatorsystems 13 befestigt. Der Drehtisch 17 kann um eine vertikale Achse 17X gedreht werden, die senkrecht zur optischen Achse der Objektivlinse 11 und der Fokussierlinse 12 steht, so daß ein in beliebigem Abstand längs derselben horizontalen Ebene angeordnetes Objekt anvisiert werden kann.

Vorzugsweise hat das Teleskop eine versetzte Benutzer-Offsetfunktion, um die Fokussierung manuell einzustellen. Es ist nämlich beispielsweise möglich, daß eine Position, die vom Benutzer als Scharfeinstellung betrachtet wird, tatsächlich gegenüber der durch das Autofokussystem erfaßten Scharfeinstellung unterschiedlich ist, bedingt durch z. B. Augenfehler des Benutzers. In diesem Fall eignet sich die Benutzer-Offsetfunktion dazu, die Scharfeinstellung des Autofokussystems abhängig von einer Referenzposition einzustellen, die der Benutzer als "Scharfeinstellung" ansieht. Die Offsetfunktion wird entsprechend einem elektrischen Prozeß oder durch mechanische Einstellung der Position der Liniensensoren 21d und 21e realisiert. In dem elektrischen Prozeß werden die Einfallpositionen des Lichtes (d. h. Objektbilder) auf den Liniensensoren 21d und 21e so eingestellt, daß sie die Scharfstellpositionen sind, wenn der Benutzer die Scharfeinstellung als erreicht ansieht. Bei der mechanischen Einstellung werden die Liniensensoren 21d und 21e bewegt bzw. eingestellt, um ein Scharfstellsignal zu erhalten.

Wenn die Linsen (Objektivlinse 11, Fokussierlinse 12 usw.) in dem automatischen Nivelliergerät 10 Plastiklinsen sind, so werden sie durch eine Änderung der Luftfeuchte wesentlich beeinflusst. Ändert sich die Luftfeuchte, so ändert sich die Brennweite einer jeden Linse durch eine Änderung ihrer Oberflächenkrümmung. Dadurch kann die Position, die der Benutzer als Scharfeinstellung ansieht, gleichfalls von der mit dem Autofokussystem erfaßten Scharfeinstellung abweichen. Um eine solche Abweichung zu vermeiden, gibt es ein optisches Verfahren, ein elektrisches Verfahren und ein mechanisches Verfahren, die nun beschrieben werden.

Fig. 10 bis 15 zeigen ein Ausführungsbeispiel, bei dem die Abweichung durch ein elektrisches Verfahren eliminiert wird (elektrische Benutzer-Offsetfunktion). In Fig. 13 ist ein optisches Einstellelement 5 in das optische Strahlenteilelement (Sensorsystem) zwischen dem Strahlenteiler 18 und den Sensor 21 der in Fig. 1 gezeigten Anordnung eingesetzt. Das Einstellelement 5 wird mit einem Drehknopf 68a manuell gedreht. Die anderen in Fig. 13 gezeigten Elemente stimmen mit den in Fig. 1 gezeigten überein.

Das optische Einstellelement 5 ist auf einer Drehachse 4 an einem geeigneten Teil des automatischen Nivelliergeräts 10 drehbar gelagert. Es hat mehrere transparente planparallele Platten 5a bis 5g, die bezüglich der Achse 4 untereinander gleiche Winkelabstände haben, wie Fig. 11 zeigt. Die transparenten planparallelen Platten 5a bis 5g haben unterschiedliche Dicke. Sie bestehen jeweils aus einem transparenten Material wie Glas, das durch externe Faktoren wie Temperatur und insbesondere Luftfeuchtigkeit nur wenig beeinflusst wird. Die Dicke der Platten 5a bis 5g beträgt 0,91 mm, 0,94 mm, 0,97 mm, 1 mm, 1,03 mm, 1,06 mm und 1,09 mm. In Fig. 11 ist mit 5h eine kreisrunde Öffnung bezeichnet, an der eine planparallele Platte fehlt und die im Lichtweg angeordnet ist, wenn eine Änderung der Position des Konvergenzpunktes des von dem Strahlenteiler 18 zur äquivalenten Fläche 14A verlaufenden Lichts nicht erforderlich ist. Das optische Einstellelement 5 und die transparenten planparallelen Platten 5a bis 5g sind eine Korrektionsvorrichtung.

Eine der Platten 5a bis 5g ist eine Referenzplatte, dies ist im vorliegenden Beispiel die Platte 5d. Die Dicke (1 mm) dieser Platte ist bestimmt entsprechend einer mittleren Luftfeuchte in dem Herstellbereich des automatischen Nivelliergeräts 10. Relativ zu der Referenzplatte 5d (Luftfeuchte-Referenzplatte) sind die planparallelen Platten 5a, 5b und 5c mit der Dicke 0,91 mm, 0,94 mm und 0,97 mm in dieser Reihenfolge auf der "trockeneren" Seite der Referenzplatte angeordnet, während die Platten 5e, 5f und 5g mit einer Dicke von 1,03 mm, 1,06 mm und 1,09 mm in dieser Reihenfolge auf der "feuchteren" Seite der Referenzplatte angeordnet sind. Die transparenten planparallelen Platten 5a bis 5g können wahlweise in das optische Sensorsystem (Strahlenteilersystem) durch Drehen des Einstellelements 5 hineinbewegt werden. In Fig. 10 ist mit A und B die Variationsbreite des Konvergenzpunktes (Brennpunkt) bezeichnet, die bei Verwendung der Platten 5a, 5b, 5c und 5d bzw. der Platten 5e, 5f und 5g entsteht.

Die transparenten planparallelen Platten 5a bis 5g haben keine Brechkraft, wenn sie jedoch wahlweise in den Weg des konvergenten Lichtes gebracht werden, so bewegt sich der Konvergenzpunkt  $P_d$  vorwärts (in Fig. 14 nach rechts) gegenüber dem Konvergenzpunkt  $P_e$  ohne planparallele Platte. Die Bewegung des Konvergenzpunktes  $P_d$  ist länger, wenn die planparallele Platte eine größere Dicke hat, wie Fig. 15 zeigt. Die planparallelen Platten 5a bis 5g, deren Dicke schrittweise zunimmt bewirken also beim Einsetzen in den Lichtweg ein allmähliches Vorwärtsrücken des Konvergenzpunktes. Wenn der Konvergenzpunkt bei Einsetzen der planparallelen Platte 5d in den Lichtweg so eingestellt wird, daß er mit dem Brennpunkt  $P_a$  (Fig. 10) auf der äquivalenten Fläche 14A übereinstimmt, können die planparallelen Platten 5a bis 5c den Konvergenzpunkt  $P_b$  zum Brennpunkt  $P_a$  hin bewegen, und die planparallelen Platten 5e bis 5g können den Brennpunkt  $P_a$  zum Konvergenzpunkt  $P_c$  bewegen.

Das Einstellelement 5 hat an seinem Umfang mehrere Raststellen 40 (Fig. 12) die mit untereinander gleichen Winkelabständen entsprechend den planparallelen Platten 5a bis 5g und der kreisrunden Öffnung 5h angeordnet sind. Eine nicht dargestellte Rastfeder steht dem Einstellelement 5 gegenüber und kann wahlweise in eine der Raststellen 40 einrasten, um so eine der planparallelen Platten 5a bis 5g in einer gewünschten Stellung zu halten. Das Einstellelement 5 bringt die transparenten planparallelen Platten 5a bis 5g wahlweise in das optische Strahlenteilersystem, um die optische Abweichung der Fokussierplatte 14 und der äquivalenten Fläche 14A zu korrigieren und dadurch Unterschiede zwischen einer vom Benutzer angenommenen Scharfeinstellung und einer durch das Autofokussystem automatisch erfaßten Scharfeinstellung zu beseitigen.

Fig. 21 zeigt eine Seitenansicht des in Fig. 6 dargestellten automatischen Nivelliergeräts 10 mit dem Einstellelement 5. In Fig. 21 ist eine Batteriebox 69 unter dem optischen Kompensatorsystem 13 dargestellt. Eine Batterie 66 (Fig. 22) ist in der Batteriebox 69 angeordnet, welche mit einem Deckel 67 wasserdicht verschlossen werden kann. Die Batteriebox 69 hat eine Aussparung 69a, in der sich die Batterie 66 befindet, und auf der einen

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Seite der Batterie 66 einen Betätigungsknopf 68a, wie Fig. 22 zeigt. Dieser dreht über einen nicht dargestellten Mechanismus das Einstellelement 5, um dadurch wahlweise die transparenten planparallelen Platten 5a bis 5g in das Strahlenteilersystem (optisches Sensorsystem) zu bringen. Die Batteriebox 69 ist so konstruiert, daß der Benutzer die Batterie leicht wechseln kann, dabei aber den wassergeschützten Zustand des automatischen

5 Nivelliergeräts 10 beibehält.  
Der Benutzer kann also den Knopf 68a in der Batteriebox 69 leicht drehen, wenn der Deckel 67 geöffnet oder entfernt ist, um das Einstellelement 5 zu drehen. Das Innere der Batteriebox 69 (d. h. der Betätigungsknopf 68a und die Batterie 66) ist normalerweise wassergeschützt, wenn die Batteriebox mit dem Deckel 67 verschlossen ist.

10 Wenn die mit dem Autofokussystem erfaßte Scharfeinstellung mit der von dem Benutzer erkannten Scharfeinstellung nicht übereinstimmt, was auf externe Faktoren wie z. B. Luftfeuchte usw. zurückzuführen ist, so daß der Benutzer bei einer Messung mit dem automatischen Nivelliergerät 10 eine mangelhafte Scharfeinstellung des Objektbildes in dem Okular 15 feststellt, die nicht mit der Autofokus-Scharfeinstellung übereinstimmt, so öffnet er den Deckel 67 und dreht den Betätigungsknopf 68a, um ein scharf eingestelltes Objektbild zu erhalten.  
15 Das Einstellelement 5 wird dabei manuell über einen vorbestimmten Drehwinkel in vorbestimmter Richtung (zur "trockeneren" oder "feuchteren" Seite) abhängig von der Luftfeuchtigkeit bei der Messung gedreht.

Wird das automatische Nivelliergerät 10 beispielsweise in einer trockenen Umgebung eingesetzt und liegt der Konvergenzpunkt des Lichtes in dem Strahlenteilersystem zwischen den Punkten Pa und Pc (Fig. 10), so wird das Einstellelement 5 in der "trockenen" Richtung gedreht. Dabei wird eine dünnere transparente planparallele  
20 Platte in den Lichtweg des Strahlenteilersystems gebracht. Wenn beispielsweise die dünnste Platte 5a in den Lichtweg gebracht wird, ergibt sich die minimale Verlagerung des Konvergenzpunktes zwischen den Punkten Pa und Pc zu dem Punkt Pa hin.

Wenn andererseits das automatische Nivelliergerät 10 in einer feuchten Umgebung eingesetzt wird und der Konvergenzpunkt des Lichtes in dem Strahlenteilersystem zwischen den Punkten Pa und Pb (Fig. 10) liegt, so  
25 wird das Einstellelement 5 in der "feuchteren" Richtung gedreht. Dadurch wird eine dickere planparallele Platte in den optischen Weg des Strahlenteilersystems gebracht. Wenn beispielsweise die dickste Platte 5g in den Lichtweg des Strahlenteilersystems gebracht wird, so ergibt sich die maximale Verlagerung des Konvergenzpunktes zwischen den Punkten Pa und Pb zu dem Punkt Pa hin. Der Benutzer führt diese Operationen während der Betrachtung eines Bildes durch das Okular 15 abhängig von den Umgebungsbedingungen wiederholt aus, bis  
30 das Bild scharf eingestellt ist.

Obwohl die Korrektionsvorrichtung für den Positionsunterschied zwischen der Fokussierplatte (Bildebene) 14 und der äquivalenten Fläche 14A aus den transparenten planparallelen Platten 5a bis 5g ohne Brechkraft besteht, ist die Erfindung darauf nicht beschränkt. Es ist auch möglich, mehrere Linsen mit unterschiedlichen Brennweiten auf dem Einstellelement 5 in einer Anordnung ähnlich derjenigen der planparallelen Platten vorzusehen.

35 Im folgenden wird ein weiteres Ausführungsbeispiel beschrieben, bei dem die Benutzer-Offsetfunktion mit einem mechanischen Verfahren erreicht wird, das in Fig. 16 bis 18 dargestellt ist. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird der Sensor mechanisch in Richtung der optischen Achse bewegt, so daß bei einer visuellen Feststellung der Scharfeinstellung ein entsprechendes Signal in dem Autofokussystem erzeugt wird.

Die wichtigsten Teile des in diesem Beispiel verwendeten automatischen Nivelliergeräts sind in Fig. 16  
40 gezeigt. Ein Sensor 21' ist in Richtung parallel zur optischen Achse O beweglich geführt, ohne daß hierzu die Abmessung des Geräts in radialer Richtung der Fokussierlinse 12 vergrößert ist. Ein optisches Reflektorsystem 71 ist zwischen dem Sensor 21' und dem Strahlenteilerelement 18 angeordnet, so daß das geteilte Licht auf den Sensor 21' fallen kann. Das Reflektorsystem 71 leitet das mit dem Strahlenteilerelement 18 abgeteilte Licht um einen Winkel von etwa 90° auf den Sensor 21'. Die äquivalente Fläche 14A ist zwischen dem Reflektorsystem 71  
45 und dem Sensor 21A angeordnet.

Wie Fig. 16 und 17 zeigen, befindet sich der Sensor 21' in einer Sensorfassung 61, die an einem stationären Halter 50 am Gehäuse des automatischen Nivelliergeräts 10 so befestigt ist, daß sie sich in Richtung parallel zur optischen Achse O bewegen kann. Die Sensorfassung 61 hat zwei Führungsvorsprünge 61c, die in Fig. 17 nach  
50 rechts und links abstehen und in einer rechten und in einer linken Führungsnut 50a des stationären Halters 50 laufen. Die vorderen Enden der Führungsvorsprünge 61c, die aus den Führungsnuten 50a vorstehen, sind mit Abdeckungen 52 versehen, die an der Außenwand des stationären Halters 50 mit Schrauben 51 befestigt sind.

Die Sensorfassung 61 hat an einem unteren Vorsprung 61b eine Zahnstange 61a, die parallel zur optischen Achse O läuft. In sie greift ein Ritzel 58 ein, das auf einer Achse 58a am Gehäuse des automatischen Nivelliergeräts 10 gelagert ist. Das Ritzel 58 ist wiederum mit einem Getriebe 57 gekoppelt. Eine Welle 57a des Getriebes 57  
55 ist an ihrem vorderen Ende mit dem Betätigungsknopf 68b im Batteriegehäuse 69 (Fig. 22) verbunden. Auf der Achse 57a ist eine drehbare Scheibe 56 befestigt, die an ihrem Umfang mehrere Raststellen 64 unter gleichen Winkelabständen hat. Eine Rastfeder 62 ist am Gehäuse des Nivelliergeräts 10 mit einer Schraube 54 befestigt und mit einer Rastklinke 63 versehen, die in die Raststellen 64 einrastet, um das Getriebe 57 und damit das Ritzel 58 in einer gewünschten Stellung festzusetzen. Die Zahnstange 61a und das Ritzel 58 bilden eine Bewegungs/  
60 Einstellvorrichtung und eine Korrektionsvorrichtung.

Wie Fig. 18 zeigt, ist an dem Betätigungsknopf 68b eine Skala vorgesehen, die einzelne Verstellungen des Sensors 21' abhängig von externen Faktoren wie z. B. Luftfeuchte bei der Messung kennzeichnet. Es gibt sieben Markierungen M=0 bis M=7, die der Verstellung des Sensors 21' gemäß der folgenden Tabelle 1 entsprechen. In Fig. 18 ist ein Zeiger 80 auf dem Betätigungsknopf 68b dargestellt, der den Markierungen zugeordnet werden  
65 kann.

Tabelle 1

Skala M	Verstellbetrag ( $\mu\text{m}$ )
0	-150
1	-100
2	-50
3	0
4	+50
5	+100
6	+150
7	+200

Bei diesem Ausführungsbeispiel können die vorstehend mit Bezug auf Fig. 10 bis 15 beschriebenen Probleme durch Drehen des Betätigungsknopfes 68b nach Öffnen des Deckels 67 behoben werden. Stimmt die mit dem Autofokussystem erfaßte Scharfeinstellung nicht mit der von dem Benutzer erkannten überein, was z. B. bei der Messung durch externe Faktoren wie Feuchtigkeit usw. verursacht werden kann, so daß der Benutzer das Objektbild durch das Okular 15 als unscharf ansieht, so kann er den Betätigungsknopf 68b drehen, um das Ritzel 58 in einer solchen Richtung zu drehen, daß sich ein scharfes Bild ergibt.

Wenn beispielsweise das automatische Nivelliergerät 10 in einer trockenen Umgebung eingesetzt wird und der Konvergenzpunkt des Lichtes in dem Strahlenteilersystem zwischen den Punkten P1 und P3 in Fig. 16 liegt, so wird das Ritzel 58 in der "trockenen" Richtung gedreht. Das Betätigungsknopf 68b wird also von einer Referenzposition M=3 in Richtung auf M=0 gedreht. Dadurch wird der Sensor 21' bezüglich Fig. 16 nach links um einen den Wert M entsprechenden Betrag mit dem Ritzel 58 und der Zahnstange 61a bewegt. Dies wird im folgenden noch näher anhand der Fig. 7 erläutert. Das mit den Liniensensoren 21d und 21e nach Durchgang durch den Konvergenzpunkt Pc vor der Einstellung in deren äußeren Abschnitten empfangene Licht wird mit den Liniensensoren 21d und 21e nach der Einstellung an den inneren Abschnitten empfangen, da eine Änderung der relativen Positionsbeziehung zwischen den Liniensensoren 21d und 21e sowie dem Konvergenzpunkt Pc erfolgt. Diese Einstellung entspricht der Bewegung des Konvergenzpunktes P3 zu der in Fig. 16 gezeigten äquivalenten Fläche 14A hin.

Wenn andererseits das automatische Nivelliergerät 10 in einer feuchten Umgebung eingesetzt wird und der Konvergenzpunkt des Lichtes in dem Strahlenteilersystem zwischen den Punkten P1 und P2 in Fig. 16 liegt, wird das Ritzel 58 in der "feuchten" Richtung gedreht. Der Betätigungsknopf 68b wird dabei von der Referenzposition M=3 in Richtung auf M=7 bewegt. Dadurch wird der Sensor 21' bezüglich Fig. 16 nach rechts um einen Betrag entsprechend dem Wert M bewegt. Dies wird noch deutlicher anhand der Fig. 7 erläutert. Das mit den Liniensensoren 21d und 21e nach Durchgang durch den Konvergenzpunkt Pc empfangene Licht, welches vor der Einstellung an den inneren Abschnitten aufgenommen wird, wird nach der Einstellung an den äußeren Abschnitten der Liniensensoren 21d und 21e aufgenommen. Es findet nämlich eine Änderung der relativen Positionsbeziehung zwischen den Liniensensoren 21d und 21e sowie dem Konvergenzpunkt Pc statt. Diese Einstellung entspricht der Bewegung des Konvergenzpunktes P2 zu der in Fig. 16 gezeigten äquivalenten Fläche 14A hin. Der Benutzer führt die oben beschriebenen Operationen wiederholt aus, während das Bild durch das Okular 15 betrachtet wird, bis er ein scharfes Bild erkennt. Somit wird die Autofokussteuerung so ausgeführt, daß der Benutzer bei jeder Umgebungsbedingung immer ein scharfes Bild des Objekts anvisieren kann.

Die folgende Beschreibung betrifft ein Ausführungsbeispiel, bei dem die Benutzer-Offsetfunktion mit einem elektrischen Verfahren realisiert wird (siehe Fig. 19 und 20). Wenn beispielsweise der Krümmungsradius der Trennlinsen 21b und 21c in Fig. 7 durch eine Änderung der Umgebungsbedingungen, beispielsweise eine Änderung der Luftfeuchtigkeit, variiert, so werden die mittleren Adressen eines Referenzbereichs (erster Referenzbereich) und eines Vergleichsbereichs (zweiter Referenzbereich) in einem Phasendifferenz-Erfassungssystem unter Verwendung eines Liniensensors zum Erfassen der Scharfeinstellung geändert, und somit ist es unmöglich, die Scharfeinstellung bei derselben Adresse wie die Anfangsadresse des Systems zu erhalten. Um dieses Problem zu lösen, werden bei dem in Fig. 19 und 20 gezeigten Ausführungsbeispiel Korrektionsdaten entsprechend der durch eine Umgebungsänderung verursachten Fokusabweichung zuvor erzeugt, so daß die mittlere Adresse des Vergleichsbereichs (zweiter Referenzbereich) der durch den Liniensensor des Sensors 21" definiert ist, entsprechend den Korrektionsdaten modifiziert wird. Daher wird die Scharfeinstellung mit dem elektrischen Verfahren so vorgenommen, als ob die in Fig. 7 durchgezogen dargestellten Liniensensoren 21d und 21e in die strichpunktliert dargestellten Positionen relativ zur äquivalenten Fläche 14A bewegt würden.

Bei dem in Fig. 19 und 20 gezeigten Ausführungsbeispiel werden zuvor die Korrektionsdaten (Benutzer-Offsetdaten) entsprechend der Fokusabweichung erzeugt und einer Rechenschaltung 23 über einen Schalter 3 zugeführt, der eine Codeplatte enthält, um die mittlere Adresse des Vergleichsbereichs des Sensors 21" zu verändern. Der Schalter 3 und die Rechenschaltung 23 bilden die Korrektionsvorrichtung. Zur Korrektur der optischen Positionsabweichung zwischen der Fokussierplatte 14 und der äquivalenten Fläche 14A wird die Position (d. h. in dem ersten Referenzbereich) einer Gruppe Lichtaufnahmelemente des Liniensensors 21d in Fig. 20 fixiert und die Position (d. h. im zweiten Referenzbereich) einer Gruppe Lichtaufnahmelemente des Liniensensors 21e verändert, um deren mittlere Adresse zu verändern. Die mittleren Adressen des Referenzbereichs und des Vergleichsbereichs werden bestimmt und entsprechend dem von einem EEPROM 6 gelieferten Systemanfangswert fixiert. Um einen variablen Parameter aus den festen mittleren Adressen des Vergleichsbereichs zu erzeugen, wird eine ganze Zahl m zu den Adressen des Vergleichsbereichs hinzugezählt. Somit wird die



Differenz im Ausgangssignal des unscharfen Bildes in jedem Bereich durch Erzeugen des Wertes der ganzen Zahl  $m$  erzeugt, um einen Wahlwert  $H(m)$  zu berechnen. Die genaue Bewegung der Fokussierlinse 12 in eine Scharfeinstellposition ergibt sich dann durch Interpolation.

Zu diesem Zweck enthält ein Steuersystem die Rechenschaltung 23 und das EEPROM 6 in dem Fokuserfassungssystem 20' zusätzlich zu den Komponenten der in Fig. 1 gezeigten Steuerschaltung. Die Rechenschaltung 23 ist mit dem Schalter 3 verbunden, der eine Codeplatte enthält und durch Betätigen des Betätigungsknopfes 68c betätigt wird. Der Schalter 3 mit Codeplatte, der initialisiert wird, wenn der Betätigungsknopf 68c auf die Marke 0 zeigt, wird danach nacheinander auf  $-50$ ,  $-100$ ,  $-150$  ( $\mu\text{m}/\text{Teilstrich}$ ) bewegt, wenn er in der einen Richtung gedreht wird. Ähnlich wird er bei Drehung in der anderen Richtung nacheinander auf  $+50$ ,  $+100$ ,  $+150$  ( $\mu\text{m}/\text{Teilstrich}$ ) bewegt. Der Schalter 3 mit Codeplatte gibt das Benutzer-Offsetsignal an die Rechenschaltung 23, welches den Skalenwert angibt, der sich entsprechend der Drehung des Betätigungsknopfes 68c ändert. Das EEPROM 6 liefert den anfänglich eingestellten Wert des Systems an die Rechenschaltung 23 unabhängig vom Vorhandensein oder Fehlen der Benutzer-Offsetdaten.

Der Sensor 21'', der ein Teil des Fokuserfassungssystems 20' ist, besteht aus zwei Trennlinsen 21b, 21c, die einen Abstand gleich der Basislänge zueinander haben, und zwei Liniensensoren 21d, 21e, auf denen das zu betrachtende Objekt mit den Trennlinsen 21b und 21c abgebildet wird. Das Fokuserfassungssystem 20' erfaßt die Abweichung (Defokusbetrag) des Konvergenzpunktes gegenüber der äquivalenten Fläche 14A, die durch das optische Betrachtungssystem mit der Objektivlinse 11 und der Fokussierlinse 12 verursacht wird. Dies ist abhängig von dem Referenzsignal (erstes Referenzsignal) des Referenzbereichs (erster Referenzbereich) des Liniensensors 21d und dem Vergleichssignal (zweites Referenzsignal) des Vergleichsbereichs (zweiter Referenzbereich) des Liniensensors 21e, wobei eine Phasendifferenzzerfassung angewendet wird, um die Scharfeinstellung, die Fehleinstellung, die vordere Fokusslage und die hintere Fokusslage festzustellen.

Wenn bei dem in Fig. 19 gezeigten System der mit Codeplatte ausgerüstete Schalter 30 in der Anfangsposition ohne Betätigung des Knopfes 68c den Wert 0 anzeigt (d.h. die Benutzer-Offsetdaten haben den Wert 0), berechnet die Rechenschaltung 23 die Abweichung des Konvergenzpunktes gegenüber der äquivalenten Fläche 14A, die durch das optische System erzeugt wird, aus dem Defokussignal des Sensors 21'', welches über den Vorverstärker 22 zugeführt wird. Die so erhaltene Abweichung wird mit dem Codierer 33 in eine Impulszahl umgesetzt und über die Synchronisierschaltung 24 der Steuerschaltung 25 zugeführt.

Zeigt der mit Codeplatte ausgerüstete Schalter 3 beispielsweise  $-50$  oder  $+50$  ( $\mu\text{m}/\text{Teilstrich}$ ) an, so wird die Abweichung bei Benutzer-Offsetdaten 0 mit der Rechenschaltung 23 berechnet. Danach werden die Benutzer-Offsetdaten entsprechend  $-50$  oder  $+50$  ( $\mu\text{m}/\text{Teilstrich}$ ) der so erhaltenen Abweichung in der Synchronisierschaltung 24 hinzugefügt. Dann werden die Daten mit dem Codierer 30 in Impulssignale umgewandelt und der Steuerung 25 zugeführt.

Entsprechend wird der Motor 31 mit der Steuerung 25 betrieben, um die Fokussierlinse 12 in Richtung der optischen Achse zu verschieben, bis die Impulszahl des Codierers 33 bei der Fokussierung mit der Impulszahl aus der Synchronisierschaltung 24 übereinstimmt. Bei dieser Bewegung wird die mittlere Adresse des Vergleichsbereichs des Sensors 21'', der den entsprechend der Bewegung der Fokussierlinse 12 veränderten Bildpunkt erfaßt, mit den Benutzer-Offsetdaten entsprechend  $-50$  oder  $+50$  ( $\mu\text{m}/\text{Teilstrich}$ ) verändert, die mit dem mit Codeplatte ausgerüsteten Schalter 3 eingegeben werden. Somit ist die Gruppe Lichtaufnahmeelemente für den Vergleichsbereich (zweiter Referenzbereich) gegenüber dem Anfangszustand unterschiedlich. Entsprechend unterscheidet sich die Impulszahl des Codierers 30 von dem Anfangszustand. Auch wenn der Brennpunkt (Konvergenzpunkt) des optischen Systems von der äquivalenten Fläche 14A abweicht, wird also die Scharfeinstellung erfaßt, wenn die Impulszahl des Codierers mit der berechneten Impulszahl aus der Synchronisierschaltung 24 übereinstimmt. In diesem Zustand wird der Motor 31 abgeschaltet.

Obwohl es für den Benutzer unmöglich ist, die vordere oder die hintere Fokusslage nur über das Okular 15 festzustellen, kann ein Benutzer, der den Betätigungsknopf 68c betätigt, bis er ein scharfes Bild sieht, das fokussierte Bild durch das Okular 15 anvisieren, während der Bildpunkt des Sensors 21'', der sich abhängig von den Umgebungsbedingungen ändert, innerhalb eines vernachlässigbaren Fehlerbereichs von etwa  $50 \mu\text{m}$  liegt. Somit kann der Benutzer immer unabhängig von den Umgebungsbedingungen ein scharfes und klares Bild sehen.

Die Gruppen der Lichtaufnahmeelemente der Liniensensoren 21d und 21e werden folgendermaßen gewählt (Fig. 20). Die Liniensensoren 21d und 21e ergeben sich durch Aufteilen einer Anordnung von 128 Lichtaufnahmeelementen (Pixel) in zwei Teile in der Mitte der Anordnung. Entsprechend haben die Liniensensoren 21d und 21e jeweils eine Anordnung identischer 64 Lichtaufnahmeelemente (Pixel) zum Erfassen des maximalen Öffnungswinkels des optischen Visiersystems. Die Liniensensoren 21d und 21e erzeugen Untergruppen von Signalen für unterschiedliche Größen von Lichtaufnahmebereichen entsprechend unterschiedlichen Sichtwinkeln.

Bei der in Fig. 20 gezeigten Anordnung sind die Positionen der Gruppen von Lichtaufnahmeelementen (der Referenzbereich oder der erste Referenzbereich und der Vergleichsbereich oder der zweite Referenzbereich) der Liniensensoren 21d und 21e zum Abgeben der Untergruppen von Signalen durch die Rechenschaltung 23 entsprechend den Benutzer-Offsetdaten bestimmt, die von dem mit Codeplatte ausgerüsteten Schalter 3 zugeführt werden. Jeder Liniensensor 21d und 21e hat 64 Lichtaufnahmeelemente, von denen 32 Pixel (Lichtaufnahmeelemente) kombiniert gewählt werden, um den Referenzbereich oder den Vergleichsbereich (zweiter Referenzbereich) zu definieren. In Fig. 20 ist die mittlere Adresse 63 identisch mit der optischen Achse O1 des optischen Strahlenteilersystems.

Die Adressen 0 bis 63 des Liniensensors 21d sowie die Adressen 64 bis 127 des Liniensensors 21e können jeweils verwendet werden. In der Anfangsposition, in der keine Benutzer-Offsetdaten eingegeben werden, entsprechen die beiden Bereiche der Liniensensoren 21d und 21e, die jeweils durch 32 Pixel definiert sind und in der symmetrischen Anordnung zur optischen Achse O1 liegen, dem Referenzbereich und dem Vergleichsbereich

(zweiter Referenzbereich).

Es wird angenommen, daß der eingestellte Index der zur Definition des Referenzbereichs zu wählenden Lichtaufnahmeelemente, d. h. der Index zum Setzen der Pixeladressen des Referenzbereichs i ist, daß der eingestellte Index der Lichtaufnahmeelemente zur Definition des Vergleichsbereichs (zweiter Referenzbereich), d. h. der Index zum Einstellen der Pixeladressen des Vergleichsbereichs j ist, der Index zum Bezeichnen derselben Anzahl von Pixeln (Lichtaufnahmeelemente) in dem entsprechenden Referenzbereich und Vergleichsbereich k ist und der Schiebeindex der Pixeladresse zum Einstellen des Vergleichsbereichs m ist. Der Einstellindex i für den Referenzbereich und der Einstellindex j für den Vergleichsbereich werden zuvor als Anfangswerte des Systems in das EEPROM 6 eingegeben. Ein ähnlicher Index k zur Pixelbezeichnung ist für die Interpolation erforderlich. Die Indizes i, j und k haben keine direkte Beziehung zur Benutzer-Offsetfunktion.

Die automatische Scharfeinstellung des anzuvisierenden Objekts in Form eines in Fig. 20 dargestellten ungleichseitigen Dreiecks wird folgendermaßen ausgeführt. In Fig. 20 werden die Bilder des Dreiecks (anzuvisierendes Objekt) in dem Referenzbereich des Liniensensors 21d und dem Vergleichsbereich (zweiter Referenzbereich) des Liniensensors 21e mit den Trennlinsen 21b und 21c erzeugt. Das mit JF bezeichnete Bild des Dreiecks ist scharf, das Bild DF ist unscharf.

Es ist möglich, die Scharfeinstellung des Bildes des Dreiecks festzustellen, d. h. die vordere oder hintere Fokusslage zu erfassen, entsprechend dem Wert des Schiebeindex m. Der Wert des Schiebeindex m für den minimalen Wert von H(m) ergibt sich aus der folgenden Formel (1) für jeden der Werte m1, m2 und m3

$$H(m) = \sum_{k=0}^n D(i+k) - D(j+k+m-1) \quad (1)$$

Die Genauigkeit der Berechnung mit der Formel (1) liegt in der Größenordnung höchstens eines Pixels. Um die Genauigkeit für die Scharfeinstellung zu erhöhen, wird interpoliert. Es wird nämlich angenommen, daß die Werte der Gleichung (1) für m1, m2 und m3 jeweils H(m1), H(m2) und H(m3) sind. Die Größe Xm ergibt sich durch die Interpolation auf der Grundlage der folgenden Formeln (2) und (3)

$$X_m = \frac{1}{2} \cdot \frac{H(m1) - H(m3)}{H(m1) - H(m2)} \quad (2)$$

wobei  $H(m1) \geq H(m3)$

$$X_m = \frac{1}{2} \cdot \frac{H(m3) - H(m1)}{H(m3) - H(m2)} \quad (3)$$

wobei  $H(m1) < H(m3)$

Der Wert für  $X_m + m2$  gibt die Fokusabweichung an, wenn die Benutzer-Offsetdaten Null sind. Der Wert  $m1 - m2 = m2 - m3$  gibt einen Schritt der Verstellung der Liniensensoren 21d und 21e an. Wahlweise Entfernungsdaten  $X_{mu}$  bei manueller Verstellung durch den Benutzer (Benutzer-Offset) ergeben sich aus der folgenden Gleichung (4):

$$X_{mu} = X_m + m2 + U.O \quad (4)$$

dabei ist U.O das Benutzer-Offsetdatum ( $\mu\text{m}/\text{Teilstrich}$ ).

Der mit Codeplatte ausgerüstete Schalter 3 in Fig. 19 arbeitet nach dem vorstehend beschriebenen Prinzip.

Die in Fig. 10 bis 15, 16 bis 18 und 19 bis 20 dargestellten Ausführungsbeispiele ermöglichen eine genaue Einstellung der Fokussierung auch unter dem Einfluß externer Faktoren wie Feuchtigkeit und der Augenfehler des Benutzers, wenn dieser den Betätigungsknopf 68a (68b oder 68c) dreht und gleichzeitig das Okular 15 zum Feststellen der Scharfeinstellung benutzt. Es ist möglich, den Betätigungsknopf 68a (68b, 68c) auch in anderen Teilen des Nivelliergeräts anstelle der Batteriebox 69 unterzubringen. So kann er beispielsweise an dem Objektivtubus oder der Außenseite des Gehäuses usw. vorgesehen sein.

Wie aus der vorstehenden Beschreibung hervorgeht, wird durch die Erfindung nicht nur die zur Scharfeinstellung des Teleskops mit Innenfokussierung erforderliche Zeit verkürzt, sondern auch die Scharfeinstellung selbst automatisiert. Ferner kann die automatische Scharfeinstellung während der Messung unabhängig von externen Faktoren wie Feuchtigkeit ausgeführt werden, so daß das anzuvisierende Objekt immer fokussiert betrachtet werden kann.

#### Patentansprüche

1. Teleskop mit Innenfokussierung, mit einer Objektivlinse, einer Fokussierlinse, einem Horizontal-Kompensatorsystem, einer Bildebene für ein mit der Objektivlinse und der Fokussierlinse erzeugtes Bild und einem Okular zur Betrachtung des Bildes, wobei die Fokussierlinse entsprechend der Objektentfernung zur

Scharfeinstellung längs der optischen Achse bewegbar ist, gekennzeichnet durch ein optisches Strahlenteilersystem zwischen der Objektivlinse und der Bildebene, in dem eine der Bildebene äquivalente Fläche angeordnet ist, und durch ein Fokuserfassungssystem zum Erfassen der Scharfeinstellung an der äquivalenten Fläche.

- 5 2. Teleskop nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein Antriebssystem für die Fokussierlinse, das durch ein Ausgangssignal des Fokuserfassungssystems gesteuert wird.
3. Teleskop nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch eine Betriebsart-Schaltvorrichtung zum Wählen einer automatischen Scharfeinstellung, bei der die Fokussierlinse entsprechend dem Ausgangssignal des Fokuserfassungssystems bewegt wird, und eines manuellen Betriebs, in dem die Fokussierlinse unabhängig
- 10 von dem Ausgangssignal des Fokuserfassungssystems manuell bewegt wird.
4. Teleskop nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das optische Strahlenteilersystem zwischen dem Kompensatorsystem und der Bildebene angeordnet ist.
5. Teleskop nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Kompensatorsystem ein erstes Prisma, einen Kompensatorspiegel und ein zweites Prisma enthält.
- 15 6. Teleskop nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Strahlenteilersystem einen Strahlenteiler enthält, der an dem ersten oder dem zweiten Prisma befestigt ist.
7. Teleskop nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlenteiler an der Lichtaustrittsfläche des zweiten Prismas befestigt ist.
8. Teleskop nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Korrektionsvorrichtung zur Korrektur einer Positionsabweichung zwischen der Bildebene und der äquivalenten Fläche.
- 20 9. Teleskop nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrektionsvorrichtung ein optisches Einstellelement enthält, das den Konvergenzpunkt des Strahlenteilersystems zu der äquivalenten Fläche hin bewegt.
10. Teleskop nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das optische Einstellelement mehrere transparente planparallele Platten mit unterschiedlicher Dicke enthält, die wahlweise auf die optische Achse des Strahlenteilersystems bewegbar sind.
- 25 11. Teleskop nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Einstellelement drehbar gelagert ist, und daß die planparallelen Platten die Drehachse mit untereinander gleichen Winkelabständen umgeben.
12. Teleskop nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch eine Batteriebox zur flüssigkeitsdichten Aufnahme einer Batterie und eines Bedienelements zum Drehen des Einstellelements.
- 30 13. Teleskop nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrektionsvorrichtung eine Einstellvorrichtung zum Bewegen des Fokuserfassungssystems relativ zu der äquivalenten Fläche enthält.
14. Teleskop nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Bedienelement mit einem manuell bewegbaren Drehknopf versehen ist, und daß eine Skala vorgesehen ist, die abhängig von äußeren Umgebungsbedingungen wie Feuchtigkeit während einer Messung die Verstellungen des Fokuserfassungssystems angibt.
- 35 15. Teleskop nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Fokuserfassungssystem zwei mit einem der Basislänge entsprechenden Abstand angeordnete Abbildungslinsen und zwei Liniensensoren enthält, auf denen Objektbilder mit den Abbildungslinsen erzeugt werden, daß einer der Liniensensoren einen ersten Referenzbereich zur Abgabe eines ersten Referenz-Ausgangssignals hat, und daß der andere Liniensensor einen zweiten Referenzbereich zur Abgabe eines zweiten Referenz-Ausgangssignals hat, so daß die Abweichung des Konvergenzpunktes des optischen Systems mit der Objektivlinse und der Fokussierlinse von der äquivalenten Fläche durch ein Phasendifferenz-Erfassungsverfahren aus den Referenz-Ausgangssignalen
- 40 erfaßbar ist.
16. Teleskop nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrektionsvorrichtung eine Gruppe Lichtaufnahmeelemente aus einer großen Zahl einen der Liniensensoren bildender Lichtaufnahmeelemente auswählt, die den zweiten Referenzbereich bilden, während eine Gruppe Lichtaufnahmeelemente aus einer großen Zahl Lichtaufnahmeelemente des anderen Liniensensors, die den ersten Referenzbereich bilden, fixiert wird, wodurch die mittlere Adresse des zweiten Referenzbereichs veränderbar ist.

Hierzu 18 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 11

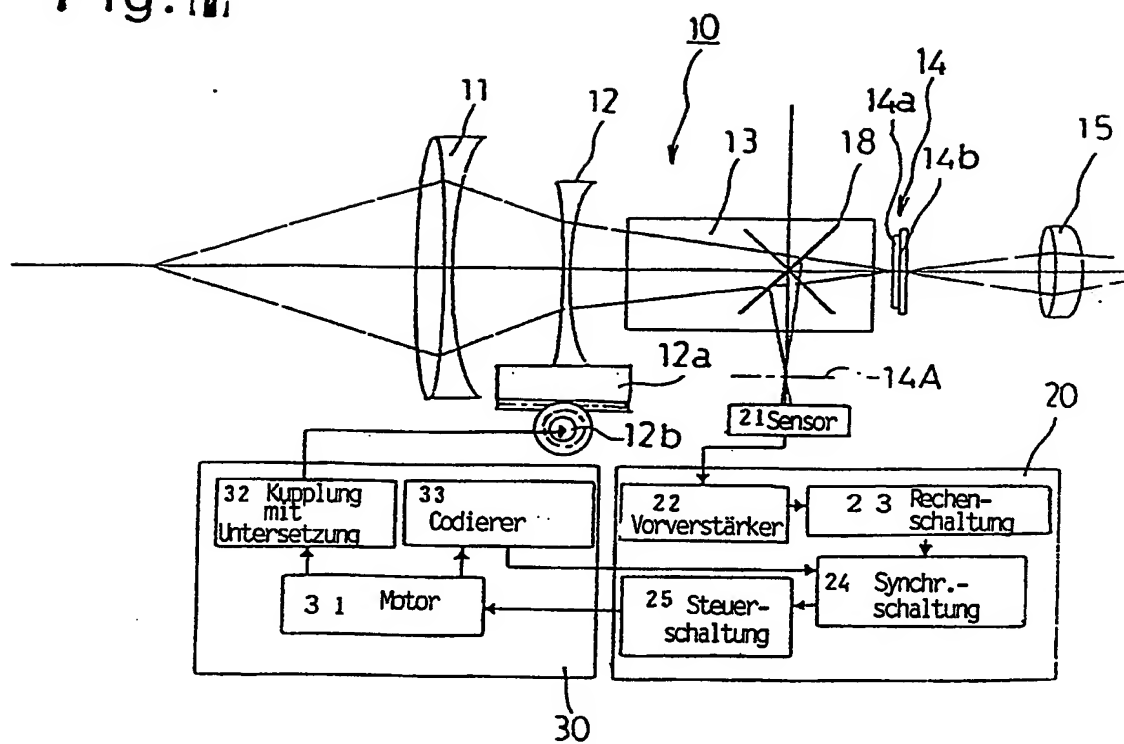


Fig. 2

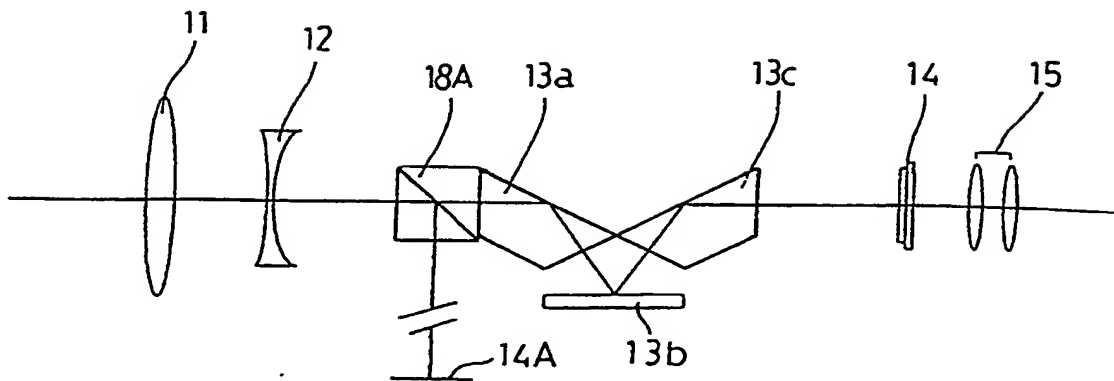


Fig. 3

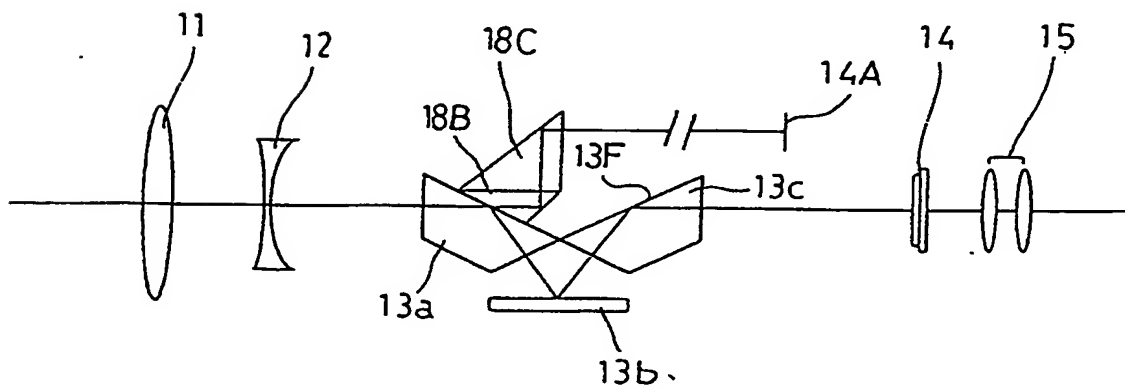


Fig. 4

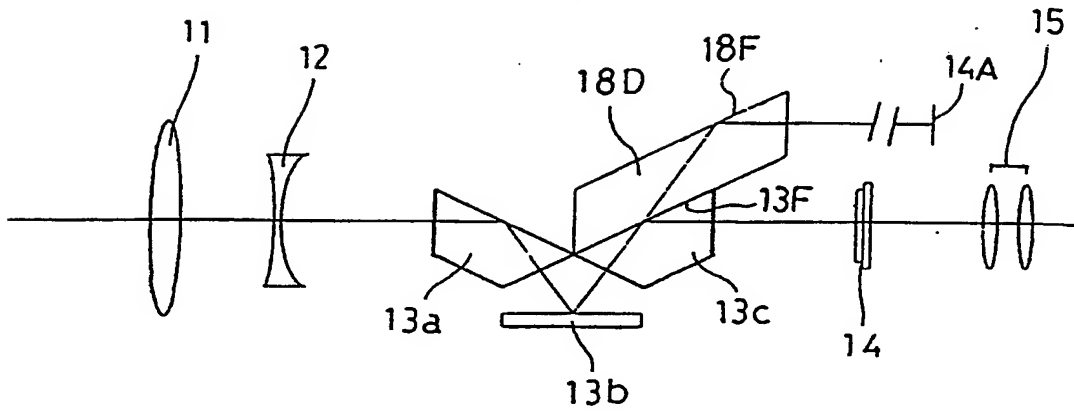


Fig. 5

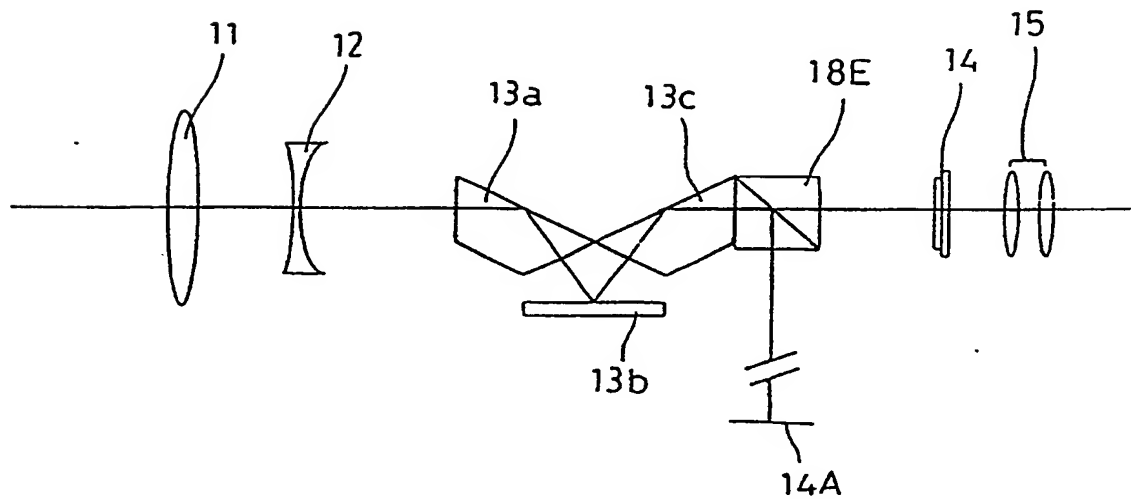






Fig. 7

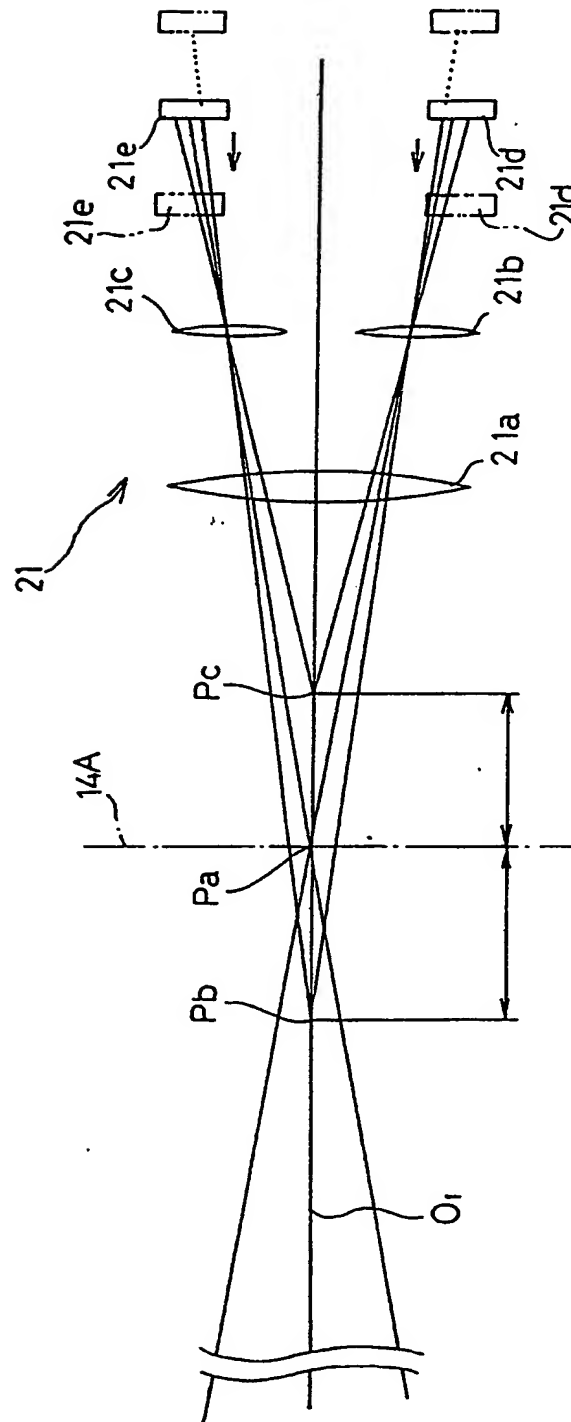


Fig. 8

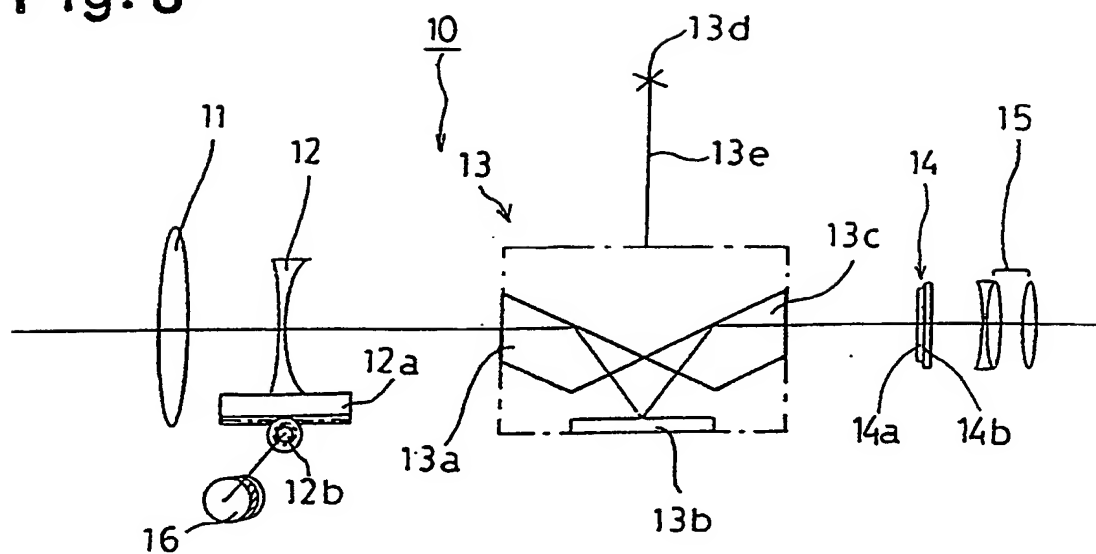


Fig. 9

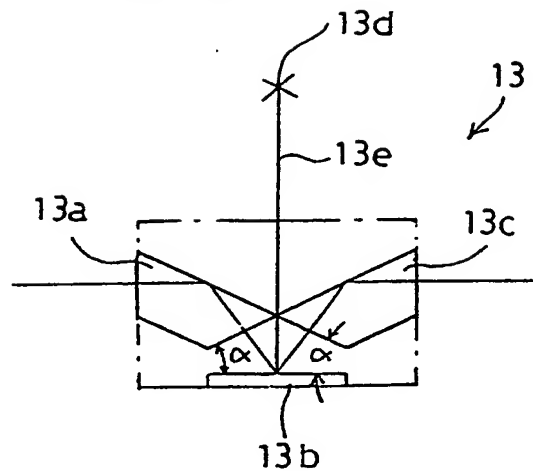


Fig.10

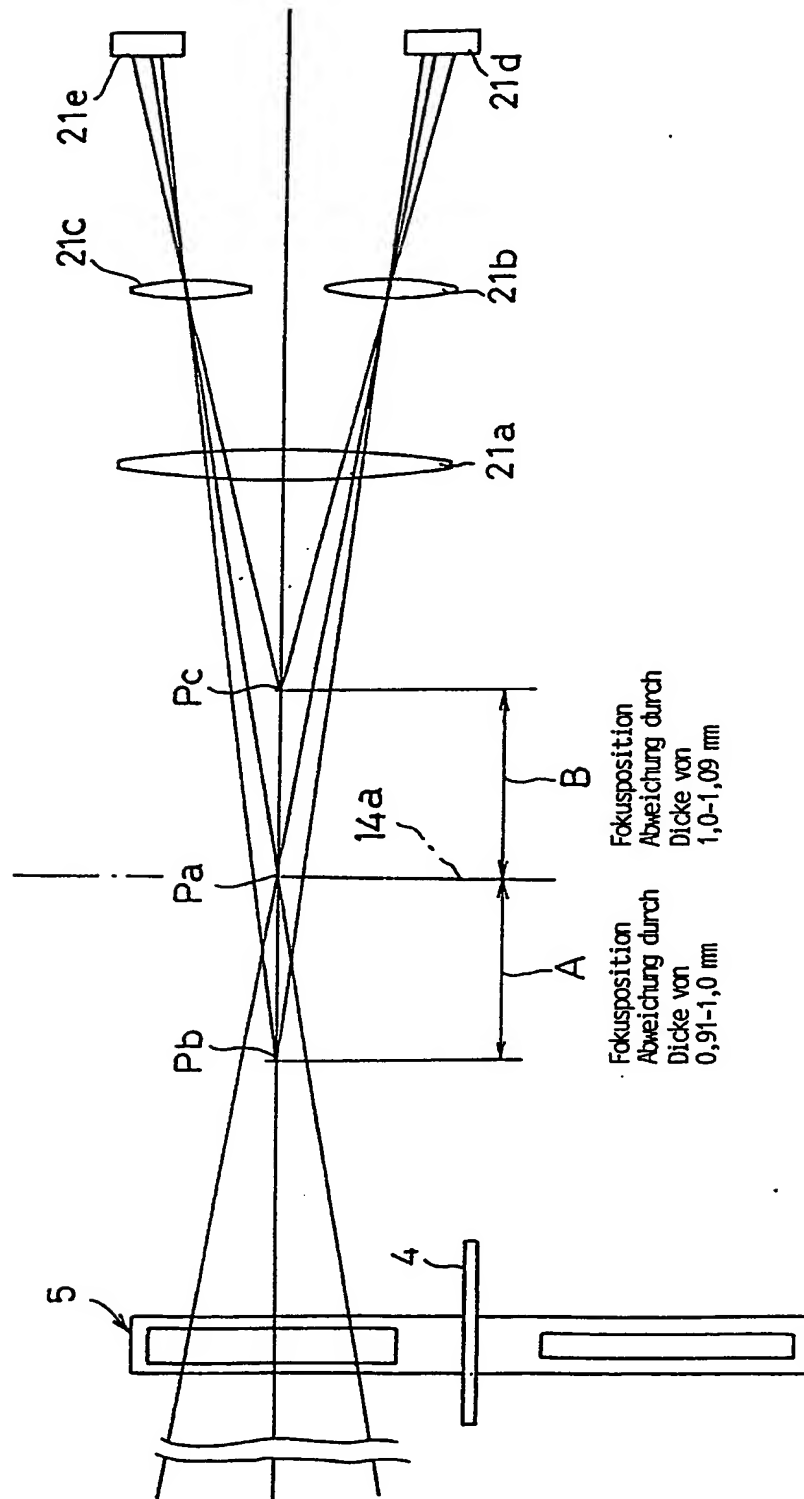


Fig.12

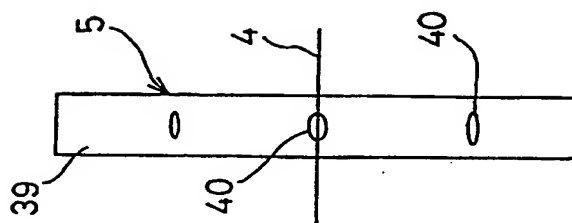


Fig.11

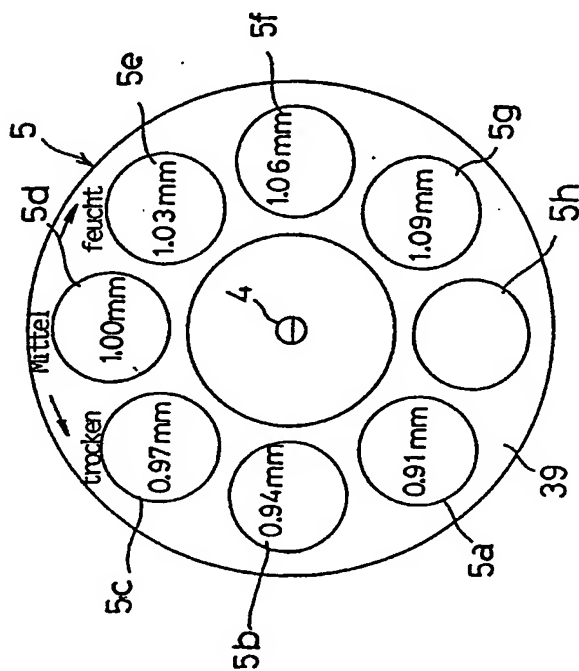




Fig. 13

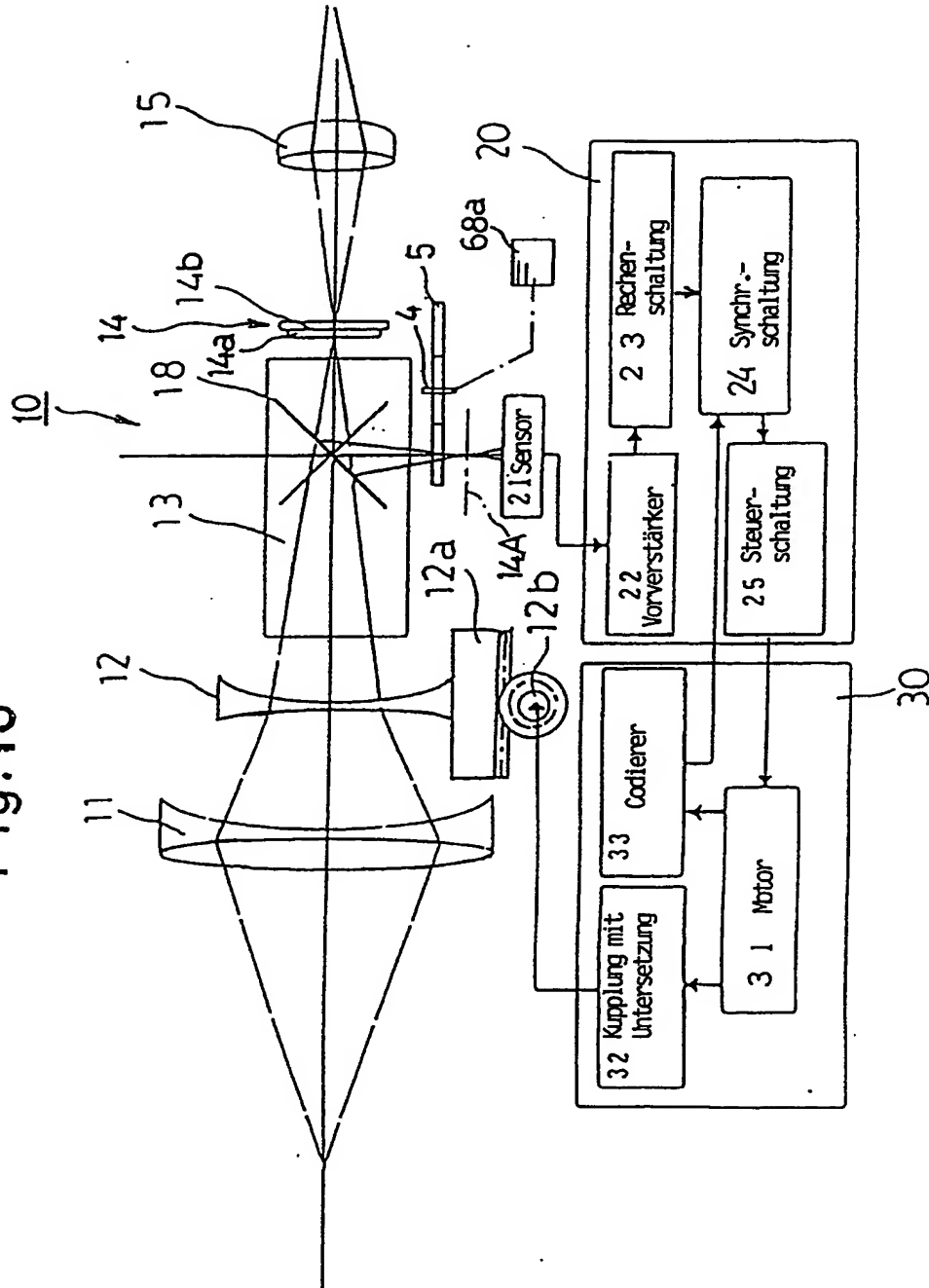


Fig. 14

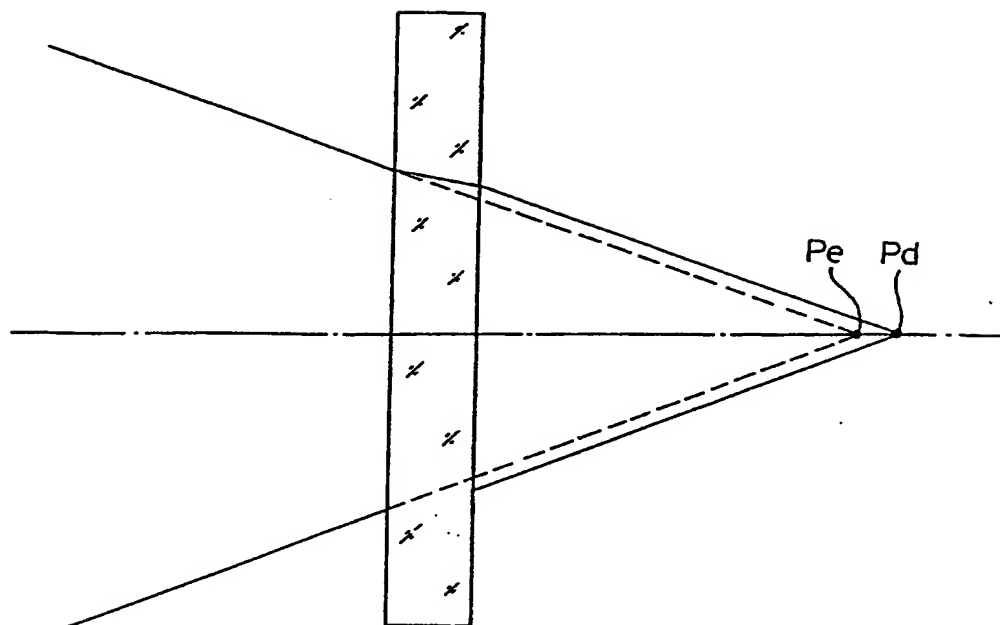


Fig. 15

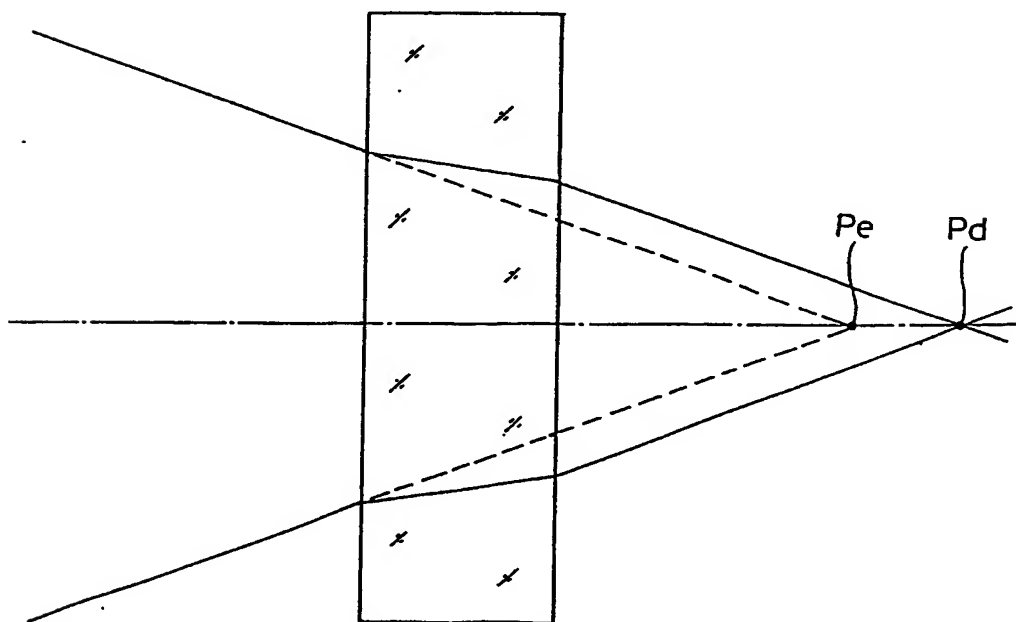


Fig. 16

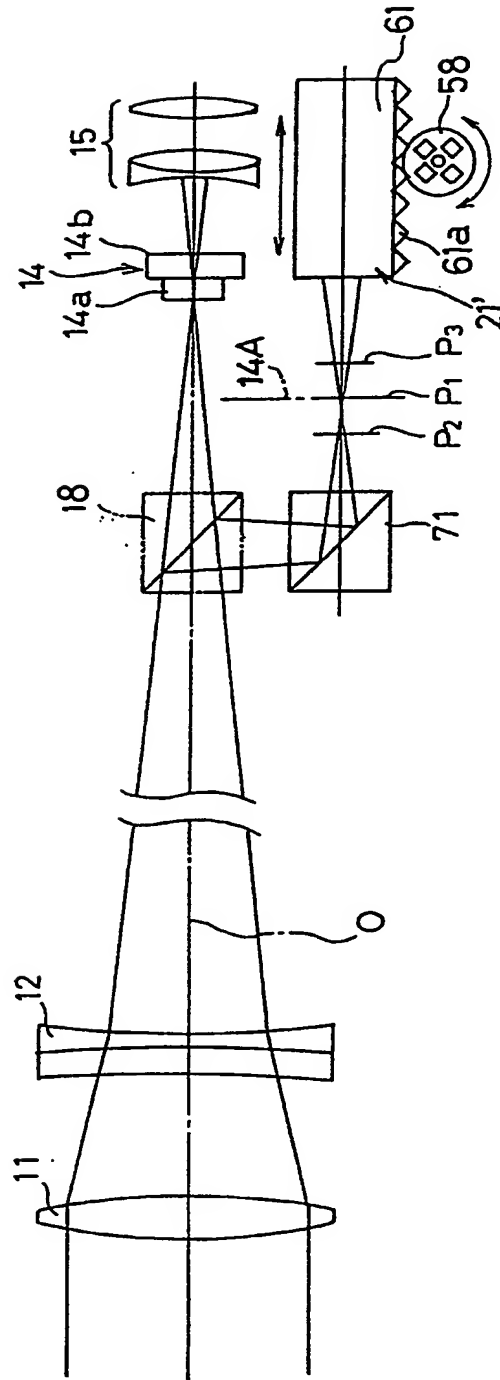
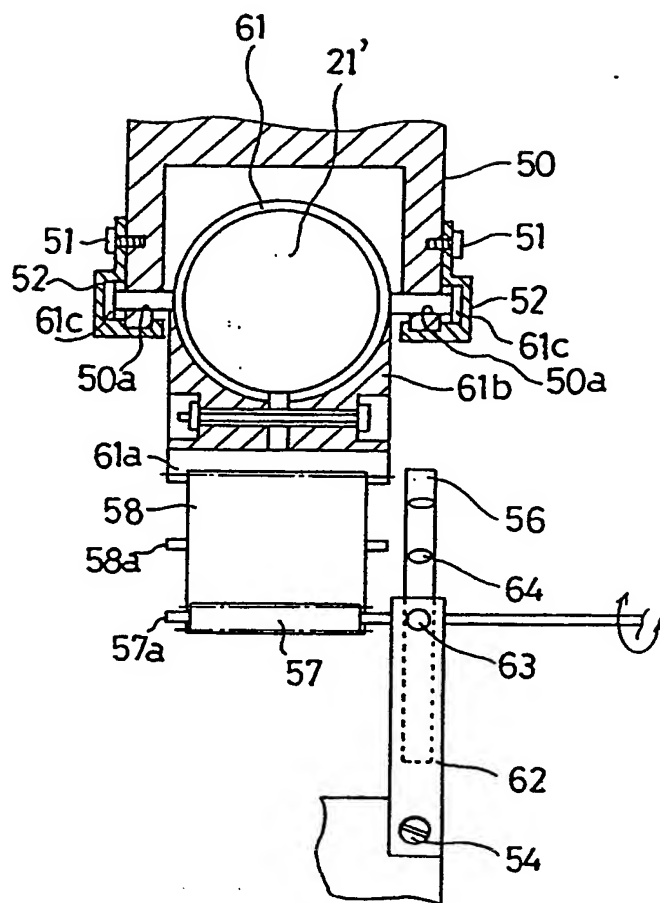


Fig. 17



**Fig. 18**

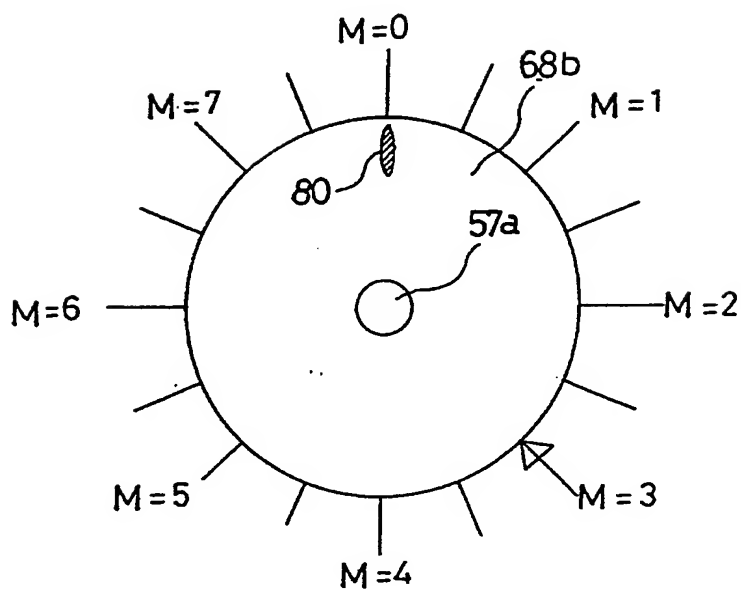


Fig. 19

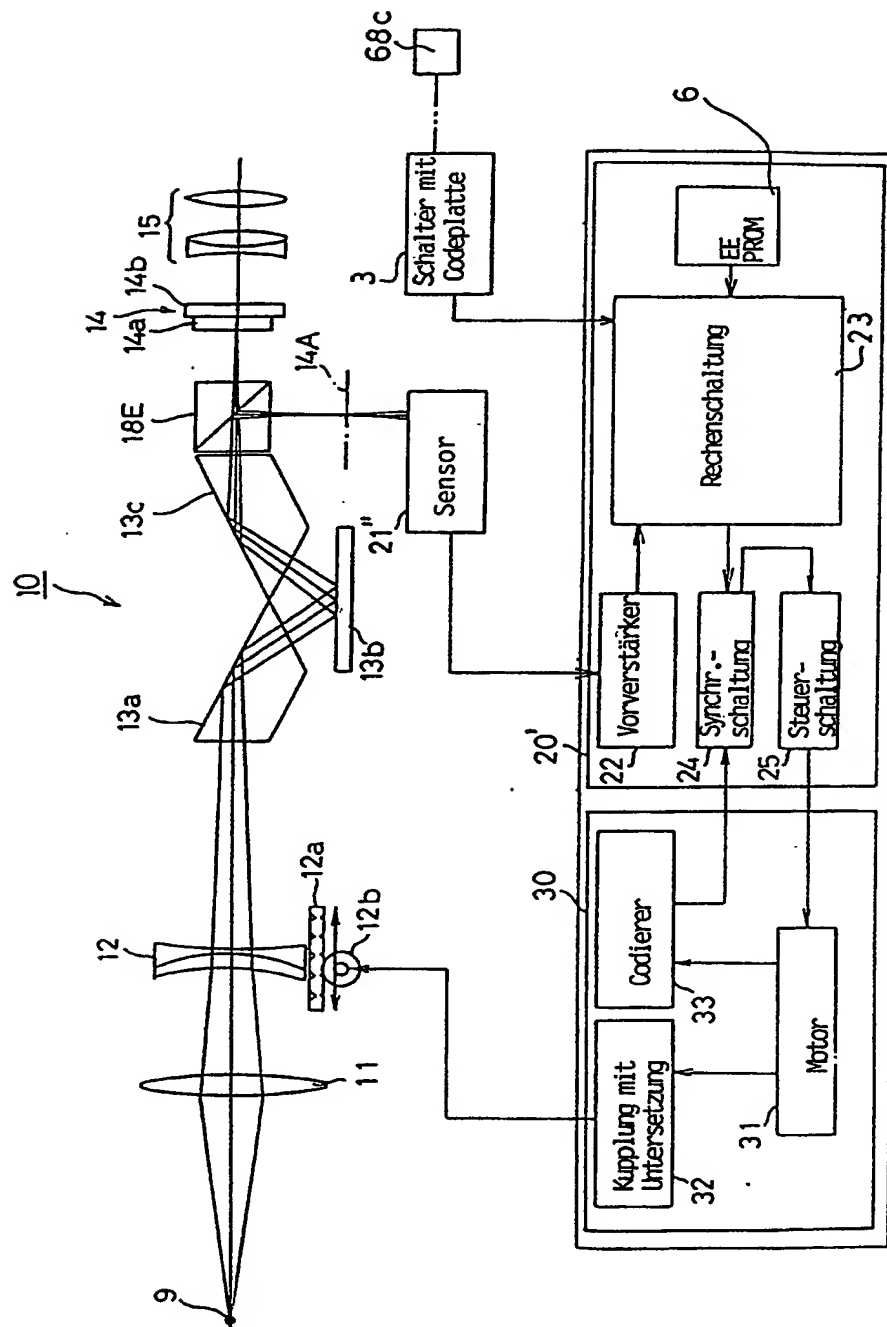




Fig. 20

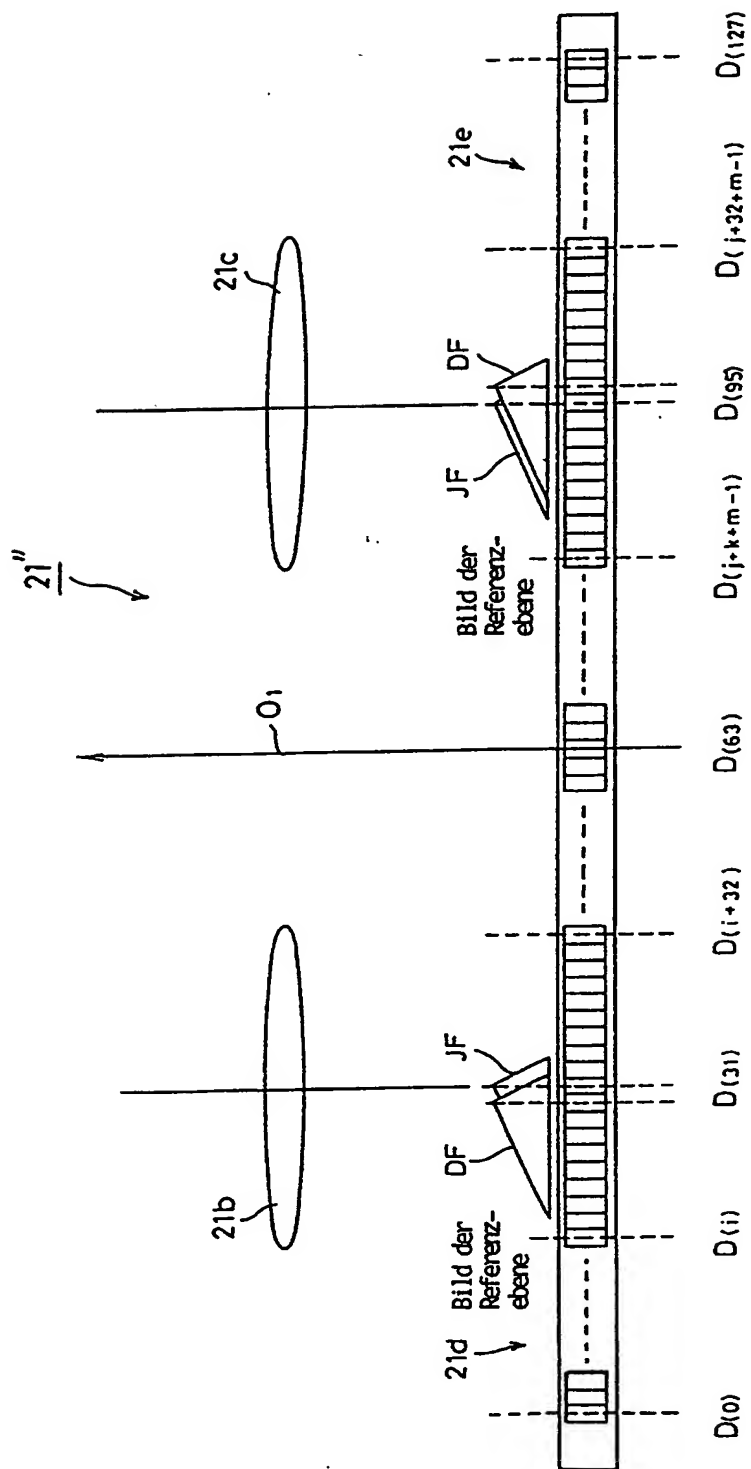


Fig. 21

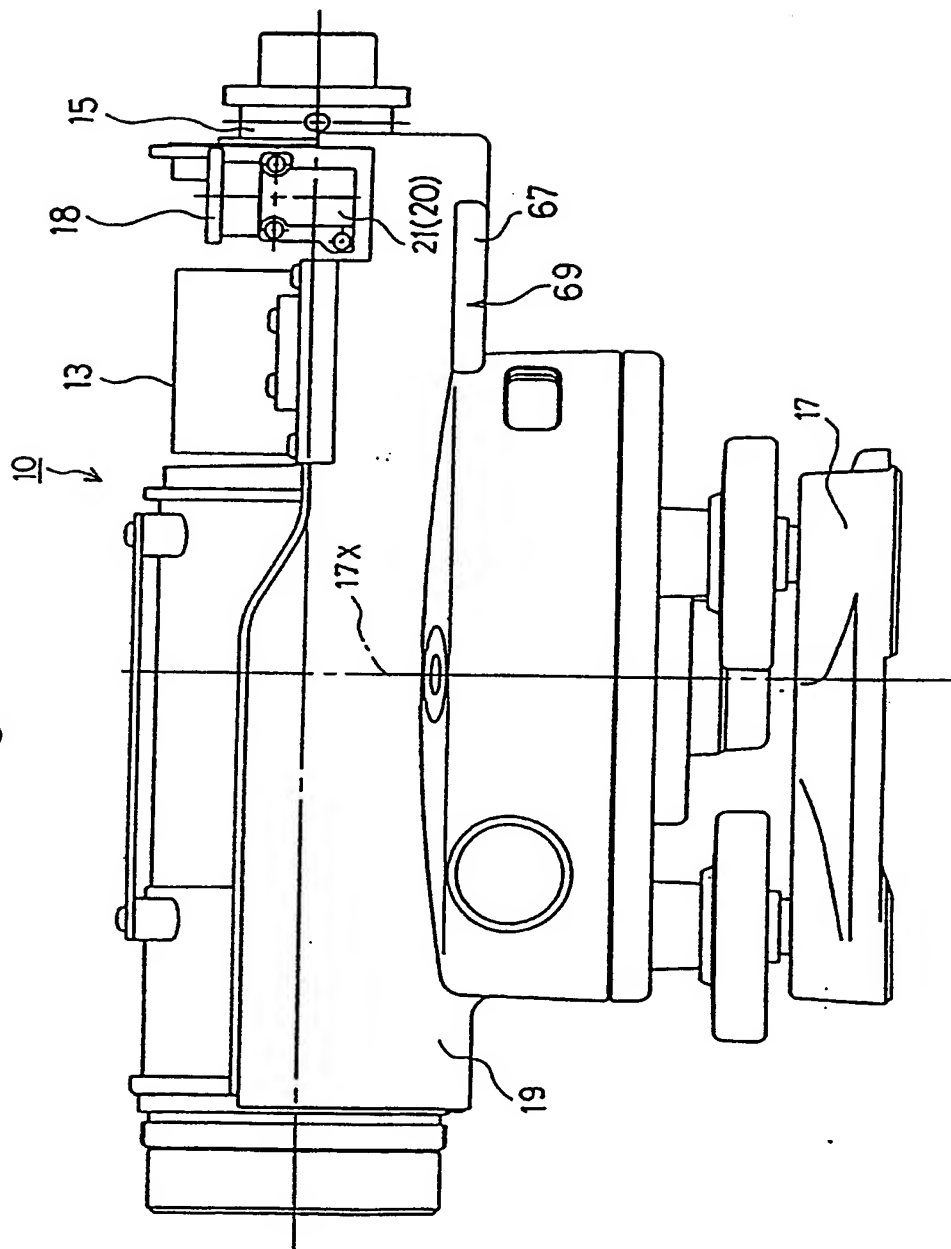
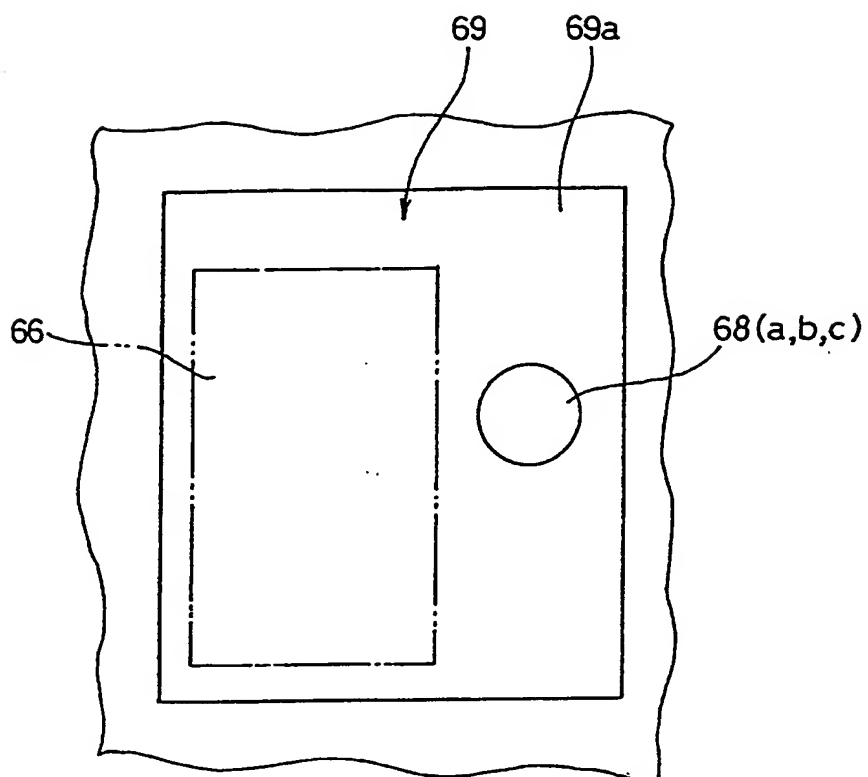


Fig.22



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**